

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

### Carrera de Administración de Empresas

#### **“Evaluación y optimización de rutas de recolección de residuos y desechos en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, EMMAIPC EP.”**

Trabajo de titulación previo la obtención del título de Ingeniera Comercial, Modalidad “Proyecto de investigación”.

#### **Autoras:**

Ruth Elisa Argudo Garzón

C.I: 0105482541

Vilma Alexandra Ordoñez Muñoz

C.I: 0104269949

#### **Directora:**

Eco. Silvana Vanessa Astudillo Durán

C.I.: 0103923363

**Cuenca – Ecuador**

**2019**



## RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo optimizar las rutas de recolección de desechos y residuos de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP) de la provincia de Cañar para una mejor gestión de los recursos, mediante el análisis de 26 rutas de recolección pertenecientes a los cantones Biblián, Cañar, El Tambo y Suscal.

El diagnóstico realizado en este estudio, está basado en el modelo de Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos empleado por SEDESOL (2011) en México, para determinar el equilibrio entre rutas productivas e improductivas en la recolección de basura. El trabajo inició con la identificación de las rutas de recolección en mapas generados por Google Earth; luego, con la ayuda de técnicas de Sistema de Información Geográfica (SIG) se simularon los recorridos de los camiones recolectores; a continuación, se diseñaron nuevas rutas; y finalmente, se procedió a comparar las rutas actuales con las iniciales en función de un modelo de dos ecuaciones, enfocados en la optimización de tiempos y recursos.

Los resultados mostraron índices muy por encima y por debajo del óptimo teórico (0%), evidenciando que, hay muchos puntos de generación de desechos que no son asistidos por los camiones recolectores por falta de tiempo; mientras que, en otros casos, existen rutas en las cuales el tiempo sobra una vez cubiertos todos sus puntos de recolección. Frente a ello, se modificaron las rutas a fin de compensar los valores negativos del índice de variación entre el recorrido productivo e improductivo.

**Palabras clave:** EMMAIPC EP, Recolección, Residuos, Desechos, Cañar.



## ABSTRACT

The objective of this study is to optimize the waste and waste collection routes of the Municipal Joint Venture Company of the Cañari People (EMMAIPC EP) of the province of Cañar for better resource management, by analyzing 26 routes of collection belonging to the cantons Biblián, Cañar, El Tambo and Suscal.

The diagnosis made in this study is based on the Solid Waste Generation, Collection and Transfer model used by SEDESOL (2011) in Mexico, to determine the balance between productive and unproductive routes in garbage collection. The work began with the identification of collection routes in maps generated by Google Earth; then, with the help of Geographic Information System (GIS) techniques, the routes of the collection trucks were simulated; then, new routes were designed; and finally, we proceeded to compare the current routes with the initial ones based on a model of two equations, focused on optimizing time and resources.

The results showed indices well above and below the theoretical optimum (0%), evidencing that there are many waste generation points that are not assisted by the collection trucks due to lack of time; while, in other cases, there are routes in which the time is over once all your collection points are covered. Faced with this, the routes were modified in order to compensate for the negative values of the variation index between the productive and unproductive routes.

**Keywords:** EMMAIPC EP, Collection, Waste, Waste, Cañar.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	4
DEDICATORIA .....	14
AGRADECIMIENTO .....	16
INTRODUCCIÓN .....	17
Justificación .....	18
Problematización .....	19
Objetivos .....	20
CAPÍTULO I .....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
1.1. La producción de basura: impacto y riesgos.....	22
1.1.2. Plantas de manejo de residuos sólidos y rellenos sanitarios. ..	26
1.2. Sistemas de recolección de residuos y desechos: funcionamiento y fases	26
1.3. La gestión municipal de residuos sólidos urbanos y el papel de la población .....	28
1.4. Importancia de los sistemas de recolección de desechos y residuos ..	29
1.4.1. La gestión de residuos sólidos urbanos en Ecuador .....	31
1.5. El papel de la administración en la gestión de un sistema de recolección de residuos y desechos.....	33
1.6. La Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari, EMAIPC EP .....	34
1.7. Ordenanza para la gestión integral de residuos y desechos sólidos en los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal .....	36
CAPÍTULO II .....	38
METODOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN EMMAIPC EP .....	38
2.1. Tipo de investigación .....	38
2.2. Método de investigación .....	38
2.3. Población y muestra .....	39
2.4. Métodos de obtención.....	39
2.5. Tratamiento de la información .....	40



2.5.1. Longitud de recorrido (L) .....	43
2.5.2. Población (P).....	43
2.5.3. Densidad poblacional (d).....	44
2.5.4. Velocidad del avance (r).....	44
2.5.5. Proporción de la distancia productiva (a) .....	44
2.5.6. Tiempo disponible para recolección (T) .....	44
2.5.7. Generación de resultados .....	44
2.5.8. Levantamiento de información en mapas de las rutas iniciales.	46
2.6. Diagnóstico de rutas con el Modelo SEDESOL .....	49
2.7. Análisis de costos. ....	54
CAPÍTULO III .....	58
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN LA EMPRESA MUNICIPAL MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL DEL PUEBLO CAÑARI, EMAIPC EP” .....	58
3.1. Metodología para optimizar rutas .....	58
3.2. Determinación de rutas optimizadas para recolección de residuos y desechos. ....	59
3.3. Mapa temático de rutas optimizadas. ....	66
3.4. Diseño de control .....	68
3.4.1. Definición de los resultados deseados.....	68
3.4.2. Determinación de las predicciones que guiarán hacia los resultados deseados.....	68
3.4.3. Determinación de los estándares de los elementos predictivos en función de los resultados deseados.....	69
3.4.4. Evaluación y acciones correctivas. ....	69
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	80
UNIVERSIDAD DE CUENCA .....	96



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico # 1. Índice de variación en las rutas del cantón Biblián .....	50
Gráfico # 2. Índice de variación en las rutas del cantón Cañar. ....	51
Gráfico # 3. Índice de variación en las rutas del cantón Suscal. ....	52
Gráfico # 4. Índice de variación en las rutas del cantón El Tambo. ....	53
Gráfico # 5. Índice de variación en las rutas de los cantones estudiados. ...	53
Gráfico # 6. Índice de variación en las rutas del cantón de Biblián. ....	60
Gráfico # 7. Índice de variación en las rutas del cantón Cañar. ....	61
Gráfico # 8. Índice de variación en las rutas del cantón de Suscal. ....	63
Gráfico # 9. Índice de variación en las rutas del cantón El Tambo. ....	64
Gráfico # 10. Flujograma de control .....	70



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Rutas, camiones, y mano de obra por cantones.....	39
Tabla # 2. Operacionalización de variables. ....	40
Tabla # 3. Datos operativos ruta 4, cantón Cañar. ....	45
Tabla # 4. Datos para el cálculo de la variación en la Ruta 4, del cantón de Cañar..	45
Tabla # 5. Rango de variación en la Ruta 4, del cantón de Cañar. ....	46
Tabla # 6. Rango de variación en las rutas del cantón Biblián.....	49
Tabla # 7. Rango de variación en las rutas del cantón Cañar. ....	50
Tabla # 8. Rango de variación en las rutas del cantón Suscal.....	51
Tabla # 9. Rango de variación en las rutas del cantón El Tambo.....	52
Tabla # 10. Costos de las rutas del cantón Biblián por horas recorridas.....	54
Tabla # 11. Costos de las rutas del cantón Cañar por horas recorridas.....	55
Tabla # 12. Costos de las rutas del cantón Suscal por horas recorridas.....	55
Tabla # 13. Costos de las rutas del cantón El Tambo por horas recorridas..	56
Tabla # 14. Costos promedios de recorridos de los cantones Biblián, Cañar, Suscal, y El Tambo por horas recorridas .....	56
Tabla # 15. Rango de variación en las rutas del cantón de Biblián. ....	59
Tabla # 16. Rango de variación en las rutas del cantón Cañar.....	61
Tabla # 17. Rango de variación en las rutas del cantón Suscal.....	62
Tabla # 18. Rango de variación en las rutas del cantón de El Tambo.....	63
Tabla # 19. Rango de variación en las rutas diagnosticadas y optimizadas de los cantones de Biblián, Cañar, El Tambo y Suscal.....	65
Tabla # 20. Costos promedios mensual de rutas de los cantones Biblián, Cañar, Suscal, y El Tambo. ....	65



## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa # 1. Rutas actuales que recorren los camiones en el cantón Biblián..	47
Mapa # 2. Rutas actuales que recorren los camiones en el cantón Cañar. ..	47
Mapa # 3. Rutas actuales que recorren los camiones recolectores en el cantón Suscal. ....	48
Mapa # 4. Rutas actuales que recorren los camiones en el cantón El Tambo....	48
Mapa # 5. Rutas del Cantón Biblián optimizadas. ....	66
Mapa # 6. Rutas del Cantón Cañar optimizadas. ....	66
Mapa # 7. Rutas del Cantón Suscal optimizadas. ....	67
Mapa # 8. Rutas del Cantón El Tambo optimizadas. ....	67





## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo # 1. Instrumentos de recolección de información .....	80
Anexo # 2. Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Biblián. ....	87
Anexo # 3. Datos optimizaos del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Biblián. ....	88
Anexo # 4. Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Cañar. ....	89
Anexo # 5. Datos optimizaos del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Cañar. ....	90
Anexo # 6. Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Suscal. ....	91
Anexo # 7. Datos optimizados del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Suscal. ....	92
Anexo # 8. Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón El Tambo. ....	93
Anexo # 9. Datos optimizados del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón El Tambo. ....	94
Anexo # 10. Rutas asistidas por los carros recolectores de desechos sólidos. ....	95
Anexo # 11. Protocolo .....	96



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Yo, Vilma Alexandra Ordoñez Muñoz, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación “Evaluación y optimización de rutas de recolección de residuos y desechos en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, EMMAIPC EP.”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 30 de enero del 2019

---

Vilma Alexandra Ordoñez Muñoz  
C.I: 0104269949



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Yo, Ruth Elisa Argudo Garzón, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación “Evaluación y optimización de rutas de recolección de residuos y desechos en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, EMMAIPC EP.”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 30 de enero del 2019

---

Ruth Elisa Argudo Garzón  
C.I: 0105482541



Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo, Vilma Alexandra Ordoñez Muñoz, autora del Trabajo de Titulación "Evaluación y optimización de rutas de recolección de residuos y desechos en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, EMMAIPC EP", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 30 de enero del 2019

---

Vilma Alexandra Ordoñez Muñoz

C.I: 0104269949



Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo, Ruth Elisa Argudo Garzón, autora del Trabajo de Titulación "Evaluación y optimización de rutas de recolección de residuos y desechos en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, EMMAIPC EP", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 30 de enero del 2019

---

Ruth Elisa Argudo Garzón

C.I: 0105482541



## DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de alcanzar y cumplir una meta más en mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y sobre todo por poner a personas especiales en este camino que han sido soporte y apoyo incondicional durante este periodo de estudio.

Mis padres Luis Ordoñez y Gladys Muñoz, por darme la vida, por creer en mí, por ser parte fundamental en este trayecto, por haberme enseñado su perseverancia y constancia que los caracteriza y que me han infundido siempre, por el valor mostrado para salir en adelante a pesar de las dificultades y, sobre todo, por su infinito amor.

Mi esposo Brandon, mis hijas Sabrina y Samantha, su ayuda ha sido esencial, han estado a mi lado incluso en los momentos que creía que ya no podía más, sin embargo, siempre estuvieron ahí para apoyarme, motivarme hasta donde podían. Este proyecto de investigación no fue fácil, pero ¡lo LOGRAMOS!

Mis hermanos, cuñadas, sobrina y sobrinos que también formaron parte de este camino, que con sus palabras de aliento compartiendo buenos y malos momentos, permitieron que siga hasta el final, esto también es de ustedes.

Mi tutora, Economista Silvana Astudillo, por su asesoría, tiempo compartido, experiencias, y sobre todo por su gran apoyo para la elaboración y culminación de nuestro proyecto.

Mi compañera, Ruth Argudo, por apoyarnos mutuamente en nuestra formación profesional, por saber compartir y sobrellevar las dificultades que se nos presentó, culminando con éxito nuestro Proyecto de Investigación.

***Alexandra Ordoñez***



## DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación dedico principalmente a mis padres, porque ellos han sido y serán el pilar fundamental en mi vida, gracias a su ejemplo y dedicación.

A mis hermanos quienes, con su paciencia, responsabilidad y esfuerzo, me enseñaron que, con dedicación y trabajo, se consigue el éxito profesional.

A mi esposo y mi hija, por el amor incondicional, paciencia y tiempo necesario para poder culminar mi carrera.

Y, por último, a mi familia que, de alguna manera, me brindó el apoyo necesario para poder salir adelante en la culminación de mi carrera.

***Ruth Argudo***



## AGRADECIMIENTO

Primero queremos agradecer a Dios por guiar nuestro camino para poder culminar nuestra carrera.

Agradecemos a nuestras familias porque a pesar de las dificultades siempre tienen una palabra de aliento para nosotras y nos enseñan a no rendirnos.

Agradecemos a la Universidad de Cuenca por abrirnos las puertas de la institución para realizarnos como profesionales.

Y finalmente, a todos los docentes quienes nos formaron profesionalmente y nos brindaron su conocimiento y apoyo incondicional. Principalmente a la Eco. Silvana Astudillo por ofrecernos su tiempo, paciencia y guiarnos para culminar nuestro trabajo de titulación.

***Alexandra Ordoñez***

***Ruth Argudo***





## INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento poblacional a nivel mundial, el creciente proceso de industrialización, la producción de material desechable, la facilidad de adquisición y consumo de productos en los últimos años ha ocasionado un aumento en la generación de desechos y residuos sólidos; casos de los que no están exentos los pobladores en la provincia del Cañar, donde la recolección de los residuos se realiza con tecnología limitada y con reducida planificación estratégica, y que, en la actualidad se ha convertido en un aspecto crítico debido a que la recolección y transporte representan actividades costosas sobre todo en el servicio al sector rural. Por tanto, se encuentra necesario desarrollar un diagnóstico y evaluación estratégica en todos los recorridos que realizan los carros recolectores de la Empresa EMMAIPC EP, para lo cual, se plantea la aplicación de una ecuación que optimiza el tiempo productivo e improductivo, con el fin de abarcar una mayor cobertura del servicio en la comunidad.

Actualmente, en la provincia de Cañar el servicio de recolección de desechos y residuos sólidos está a cargo de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari, EMMAIPC EP, la misma que dispone de 26 rutas divididas por días, jornadas y por tipos de desechos. La zonificación estratégica de los servicios de recolección y barrido, abarca a todos los sectores urbanos cantonales y parroquiales, y un gran número de sectores rurales comunitarios; sin embargo, existen aproximadamente 15 parroquias rurales a las que no se puede ofrecer el servicio, siendo las principales causas, las limitaciones logísticas, como: las vías en mal estado, capacidad de los camiones, planeación de rutas inadecuada y el escaso presupuesto (EMMAIPC-EP, 2017).

La empresa ofrece el servicio a más de 290 mil pobladores del territorio conformado por los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo, y Suscal, con una producción de desechos que supera las 22 toneladas métricas diarias de basura (EMMAIPC-EP, 2017). Pero dado que la población sigue en crecimiento, aumentan las nuevas familias y la construcción de nuevos



domicilios, con ello, la generación de desechos y residuos sólidos sigue en aumento con peligro de colapsar el sistema de recolección, si no se replantea una planificación inmediata para cubrir las zonas que se encuentran en crecimiento.

La organización de este trabajo está dividida en cuatro capítulos. El primer capítulo aborda el estado de la cuestión en un marco teórico relativo a la recolección de residuos y desechos. El segundo capítulo, presenta el diagnóstico de la recolección de residuos y desechos en la empresa EMMAIPC, de modo que, se presenta un modelo que evalúa el equilibrio del recorrido productivo e improductivo de cada ruta de los cantones evaluados. En el tercer capítulo, se realiza una optimización de las rutas de recolección de desechos y residuos de la empresa EMMAIPC que presentaron mayores problemas en el diagnóstico, para posteriormente realizarse modificaciones en las rutas que resultaron ser improductivas; finalmente, en este mismo capítulo se realiza un diseño de control para realizar un monitoreo en lo posterior con respecto al manejo de las rutas de la empresa.

### **Justificación**

El presente estudio, encuentra su justificación en tres aspectos como son el ambiental, económico y científico y tecnológico.

En lo ambiental se relaciona a la importancia de contar con un adecuado sistema de recolección para el manejo integral de las operaciones para reducir el consumo de combustible que los camiones utilizan al conducir más lento y recorrer distancias más largas, lo que se traduce en mayores niveles de emisiones de gases contaminantes, contaminación auditiva y congestión del tránsito vehicular.

En el aspecto económico el proyecto encuentra justificación en su propuesta de optimizar el presupuesto municipal asignado, teniendo en cuenta que la gestión de los residuos y desechos es un servicio público que requiere de un monto importante debido a la necesidad de adquirir vehículos especializados, combustibles, pago de mantenimiento vehicular, salarios,



etc., cuyo gasto está en función de la densidad poblacional, la cantidad de residuos producidos y el diseño de rutas.

El proyecto tiene una justificación científica y tecnológica puesto que, aplica teorías y conceptos que son cada vez más novedosos, dado que encontrar mecanismos que reduzcan y optimicen el manejo de residuos es un tema de interés actual, especialmente si se considera que la producción de los mismos está en aumento; además, tecnológicamente el proyecto aporta con el uso y aprovechamiento de recursos informáticos y dispositivos electrónicos de geo-referenciación para ponerlos al servicio de las comunidades en la creación de rutas más eficientes que permitan que el servicio de recolección llegue a más zonas, especialmente las rurales.

### **Problematización**

La recolección poco tecnificada y la reducida planificación estratégica que mantiene la empresa EMMAIPC-EP, según sus funcionarios, son problemas que arrastra desde varios años atrás, al punto que hoy en día, la situación es crítica y ha llevado a que el costo de operación y logística sea mucho más elevado de lo que debería ser si estuviese en óptimas condiciones. Es evidente que se requiere una evaluación estratégica de los recorridos, de manera que, permita optimizar el tiempo, costo y cobertura de este servicio.

Debido a la falta de un proceso de optimización desde la creación de la empresa; las rutas y el sistema en sí, carecen de las recomendaciones básicas de la teoría de recolección y desactualización en cuanto a técnicas apropiadas en esta materia; los operadores no están correctamente capacitados o preparados para optimizar su trabajo. Además, hace falta diseñar un mecanismo de control para el cumplimiento de las rutas, la ausencia de optimización obliga a sobrecargar los camiones reduciendo la vida útil e implican un gasto mayor en reparación, se presentan casos de camiones que no han recibido mantenimiento adecuado por lo que entorpecen la operación, representan mayores gastos y mayor



contaminación del ambiente, se desperdicia el tiempo de trabajo al pasar varias veces por la misma zona o por zonas innecesarias. Todo ello ocasiona que el servicio prestado sea ineficiente, comprometiendo el bienestar de la población cañari, especialmente de las zonas rurales donde los pobladores se ven en la necesidad de continuar con métodos antiguos y perjudiciales para el ambiente, como, la quema de basura.

En tal sentido, el presente estudio brinda un diagnóstico y planificación de nuevas alternativas de rutas que permitan tener una recolección más óptima, logrando una planificación operativa y económicamente más eficiente por parte de los administradores de EMMAIPC EP. Por ello, el objetivo principal de este estudio es analizar el sistema de recolección domiciliaria en el municipio de Cañar, basándose en datos de recorridos reales obtenidos con dispositivos de geoposicionamiento global; con ello, sustentar cambios en áreas de costo críticas para fines de planeación, operación y control de un sistema de optimización combinatoria con alternativas de recorridos más óptimos para su correcta gestión desde el punto de vista económico.

La suma de estos problemas se ha convertido en un conflicto que hace evidente la necesidad de llegar a cabo una evaluación estratégica de recorridos y optimizar el tiempo, costo y cobertura de este servicio con la implementación de nuevas rutas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

Optimizar las rutas de recolección de desechos y residuos de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP) para una mejor gestión de los recursos.

### **Objetivos específicos:**

- Evaluar el sistema de recolección y rutas actuales a partir de datos reales mediante monitoreo con dispositivos GPS y mapas.



- Analizar los costos actuales del sistema de recolección de desechos y residuos en la EMMAIPC EP.
- Determinar y mapear rutas óptimas para la recolección de desechos y residuos domiciliarios en la EMMAIPC EP mediante equipo de software de información geográfica (SIG) y GPS.
- Determinar la variación de los recorridos actuales con los optimizados en términos de operación y costos asociados.



## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

Dentro de un mundo de consumo, es notorio que existan problemas en la gestión de residuos sólidos en la mayoría de ciudades y comunidades alrededor del mundo. Es precisamente aquí donde la administración pública debe surgir para determinar las mejores políticas y estrategias que brinden un servicio de calidad que se fundamente en criterios técnicos y establezca las mejores formas de garantizar que la población acceda a este servicio. Uno de los problemas constantes es justamente el trazado de las rutas con las que se obtenga mayor eficiencia al momento de la recolección de la basura, puesto que los retrasos causan molestias e inconvenientes, lo cual no permiten cumplir con las metas.

El uso de la tecnología se establece como vía para mejorar el servicio, y la administración tiene que buscar que estos recursos tecnológicos sean utilizados para que la recolección de basura se haga de la forma más eficiente posible y que la ciudadanía esté conforme. Los fundamentos teóricos que se presentan a continuación, describen algunos parámetros para entender la administración de los residuos sólidos y las maneras en las que puede mejorarse. También se repasa aspectos de la gestión de los residuos en el Ecuador y en la mancomunidad Cañari.

#### **1.1. La producción de basura: impacto y riesgos.**

El desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que basan el crecimiento desmedido del consumo, han provocado la generación de cantidades exuberantes de residuos sólidos, especialmente de materiales plásticos, de origen sintético, metales, derivados de la celulosa, vidrio, y otros tantos de gran potencial contaminante, como pilas, aceites minerales, lámparas fluorescentes, medicinas caducadas, etc., que no solo tardan muchos años en



descomponerse, sino que también, afectan al medioambiente y proliferan enfermedades.

De esta manera, los hábitos culturales de consumo han determinado en gran medida la cantidad y la calidad de los residuos sólidos, aumentando así los riesgos a la salud pública y al medio ambiente. De acuerdo con Vallejo (2016), la producción de desechos representa un problema, especialmente por debido a la “falta de conciencia colectiva y/o conductas sanitarias por parte de la población para disponer sus residuos, al dejarlos abandonados en calles, áreas verdes, márgenes de los ríos, playas, alterando así, el sistema ambiental y natural” (p. 42).

Según Vallejo (2016), ha surgido una nueva problemática medio ambiental derivada de su vertido incontrolado que es causa de graves afecciones ambientales:

- Malos olores.
- Focos infecciosos.
- Proliferación de plagas de roedores e insectos.
- Contaminación de acuíferos, suelos y aguas superficiales por lixiviados.
- Ocupación incontrolada del territorio generando la destrucción del paisaje y de los espacios naturales.
- Gases de efecto invernadero fruto de la combustión incontrolada y del mismo proceso de degradación de los materiales allí vertidos.
- Problemas en la salud que acarrea una mala disposición de los residuos sólidos domiciliario (p. 43).

El proceso de almacenamiento, recolección y evacuación de los residuos sólidos afecta a la salud pública a causa de la proliferación de roedores, moscas y otros agentes transmisores de enfermedades que se reproducen en los vertederos incontrolados.

Esto, a su vez, acarrea costos sociales y ambientales, pero también económicos, como “...la devaluación de propiedades, pérdida de turismo, y



otros costos asociados como lo son la salud de los trabajadores y de sus dependientes, y la salud de la población” (Vallejo, 2016, p. 43).

De ahí que, el tratamiento adecuado de los desechos sólidos y la reducción del nivel de producción de basura, es un tema de interés actual para los gobiernos, especialmente en una época en que la consciencia por el cuidado del medioambiente ha tomado gran valor entre los ciudadanos.

### 1.1.1. Desechos o residuos.

De acuerdo con Recero y Pérez (2006), para que algo sea definido con este nombre, “tiene que existir la decisión de un individuo o grupo de personas de que ese objeto no tiene utilidad o valor, y por lo tanto quiera desprenderse del mismo” (p. 1). En este mismo sentido, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (2008), denomina los residuos sólidos como: “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en que son producidos” (p. 2).

Un residuo es “todo resto o material resultante de un proceso de producción, transformación o utilización que sea abandonado o que su poseedor o productor tenga la obligación o decida desprenderse de él” (UNICEF, 2002, p. 10), mientras que, los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) “los generados por distintas actividades en los núcleos urbanos, incluyendo tanto los de carácter doméstico como los provenientes de cualquier otra actividad” (UNICEF, 2002, p. 10), estos pueden tener los siguientes orígenes:

**-Domiciliarios:** Procedentes de las viviendas, limpieza de calles y veredas, zonas verdes y establecimientos industriales y comerciales, cuando son asimilables a los residuos domiciliarios: restos de comida, materiales plásticos, papeles, cartón, textiles, madera, goma, residuos de jardín, vidrio, aluminio, férreos, latas, y suciedad proveniente del barrido e higiene general.





**-Voluminosos:** Por su forma, tamaño, volumen o peso son difíciles de ser recogidos en la recolección convencional: muebles, colchones, electrodomésticos.

**-Comerciales:** Surgen de los circuitos de distribución de bienes de consumo: papel, cartón, plásticos, latas, metales, restos de comida.

**-Residuos sanitarios:** Derivados de actividades sanitarias procedentes de hospitales, clínicas, laboratorios de análisis y establecimientos similares: material de cura, yesos, cultivos, jeringas, restos de tejidos humanos.

**-Construcción y demoliciones:** Derivados de la construcción, reparación o ampliación de viviendas, vías de comunicación, empresas, etc.: maderas, hormigón, acero, ladrillos, gas, escombros en general.

**-Institucionales:** Producidos en escuelas, hospitales, cárceles y dependencias -gubernamentales: papel, cartón, plásticos, vidrios, latas, restos de comida.

**-Servicios municipales:** Son consecuencia del funcionamiento y mantenimiento de los centros municipales: producto del barrido de calles, residuos de poda de arbolado urbano, animales muertos y automóviles abandonados.

**-Industriales:** Son derivados de actividades industriales y deben depositarse en recipientes adecuados: metales, plásticos, fibras, maderas, vidrios, cartones.

**-Universales:** Representan un riesgo a la salud y el ambiente, y son generados en los hogares: pilas, baterías, tubos fluorescentes, cartuchos de impresora, tintes.

**-Agrícolas:** Relacionadas con actividades agrícolas, forestales o ganaderas y realizadas dentro del perímetro urbano: fertilizantes, bidones con restos de agroquímicos.



### **1.1.2. Plantas de manejo de residuos sólidos y rellenos sanitarios.**

Las plantas de manejo de residuos son:

Unidades productivas encargadas de aprovechar y dar valor de los residuos sólidos, con el objetivo de obtener productos que puedan ser reutilizados. En estas plantas se procesan flujos de residuos de tipo: orgánicos (de rápida degradación), reciclables (tienen potencial de comercialización) y no aprovechables o rechazos (por sus características físicas, químicas o biológicas no pueden ser aprovechados) (Vidal, 2017, p. 18).

El relleno sanitario es “el lugar de disposición final de los residuos sólidos en el suelo, con el fin de no causar molestias a la ciudad, evitando riesgos de salud y perjuicios al medio ambiente” (Vidal, 2017, p. 19).

### **1.2. Sistemas de recolección de residuos y desechos: funcionamiento y fases**

La recogida de los residuos sólidos, consiste en su recolección para efectuar su traslado a las plantas de tratamiento; es, en términos generales “el transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora, hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final o a la estación de transferencia” (Picón y Cusco, 2015, p. 23). Dadas estas características, el sistema de recolección de desechos es multifacético: el ciudadano ubica en contenedores los desechos sólidos (dentro o fuera de la casa), posteriormente el vehículo recolector mediante un personal recolector lleva los desechos al contenedor, los residuos son tratados y separados según su tipo (orgánico, reciclable y rechazos) en la planta de tratamiento, los desechos orgánicos, en algunos casos, son llevados a plantas de compost, y el resto, al relleno sanitario.



Un sistema de recolección básico, de acuerdo con el instructivo de Gestión Integral de Residuos de UNICEF, consta de las siguientes fases: a) fase de pre-recolección; b) fase de recolección-transporte; c) Fase de separación, tratamiento y disposición final; y d) Fase de reciclaje (UNICEF, 2002, pp. 15-18).

1. Fase de pre-recolección: Comprende desde su generación hasta la presentación al personal de recolección, e incluye el almacenamiento y tratamiento de los residuos al interior de una vivienda o local comercial/industrial.
2. Fase de recolección-transporte: Incluye a las operaciones de carga-transporte-descarga de los residuos desde su presentación hasta su descarga en un punto final (tratamiento, estación de transferencia o vertedero).
3. Fase de separación, tratamiento y disposición final: En una planta de separación se encuentran el conjunto de estructuras, equipos y herramientas que se utilizan para realizar la separación, clasificación, procesamiento y acondicionamiento de aquellos residuos que posteriormente se pueden transformar y comercializar. La separación también la realizan los recolectores informales en la calle y los basurales.
4. Fase de reciclaje: Los residuos que son producto de la separación en plantas o de la segregación realizada por los recolectores informales, se destinan a reciclado. Es un proceso que tiene por objeto la transformación de los componentes que contienen los residuos urbanos. Sus beneficios son la conservación o ahorro de energía, conservación o ahorro de recursos naturales, disminución del volumen de residuos que hay que eliminar; y protección del medio ambiente.



### **1.3. La gestión municipal de residuos sólidos urbanos y el papel de la población**

La recolección de residuos sólidos se define como: “el conjunto de actividades que incluye la recogida y transporte de los residuos sólidos desde los sitios destinados para su depósito o almacenamiento por parte de los generadores hasta el lugar donde serán descargados” (Sáez y Urdaneta, 2014, p. 132), este lugar puede ser una planta de procesamiento de materiales, de tratamiento, una estación de transferencia o un relleno sanitario.

Para esta fase se utilizan camiones acondicionados y sobre todo en las grandes ciudades, se suelen utilizar camiones compactadores, que buscan dar rapidez y buen aspecto al servicio. La frecuencia de recolección varía de acuerdo a la disponibilidad de recursos, las costumbres, la distribución de las casas, el poder adquisitivo, el desarrollo comercial, etc.

La recolección de residuos puede ser domiciliaria o realizarse a través de contenedores comunitarios colocados en lugares estratégicos (zonas de complejos habitacionales horizontales). En ocasiones las exigencias económicas y ambientales que obligan a transportar los residuos a distancias importantes, no hacen aconsejable que los vehículos que hacen la recolección sean utilizados para llevar los residuos a su destino final. La solución habitual consiste en separar la recolección del transporte, transfiriendo en algún punto cercano a su punto de origen el contenido recolectado a grandes camiones, adecuados para el transporte a distancia de grandes volúmenes de residuos. A estos lugares se los denomina plantas de transferencia (UNICEF, 2002).

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2005) en Latinoamérica y El Caribe entre 60 y 70% del costo total del servicio se utiliza para la recolección y disposición final de residuos sólidos, el servicio de recolección puerta-puerta resulta mucho más costoso que sistemas semi-mecanizados o mecanizados, pero el nivel de tecnología aplicada a la actividad de recolección depende de la situación económica de cada país.



De ahí que, “por su importancia económica debe ser planificada y administrada cuidadosamente, en los siguientes aspectos: diseño de rutas de recolección, frecuencia de la recolección, horarios de recolección, equipos y personal” (UNICEF, 2002, p. 18).

#### **1.4. Importancia de los sistemas de recolección de desechos y residuos**

La producción de basura es una consecuencia directa de la vida misma. En tiempos antiguos la evacuación de los residuos humanos no representaba mayor problema, puesto que la población era reducida y la cantidad de tierra disponible era más que suficiente para desechar los mismos; además, no era tan impactante, o no existían envases plásticos como en la actualidad. Es así que, en la medida que la población mundial ha aumentado, también lo ha hecho la problemática de la producción de residuos y su tratamiento, que por hoy es un problema urbano de gran importancia y los riesgos ambientales asociados continúan representando un desafío para los gobiernos.

Los residuos urbanos son los más cercanos al ciudadano, ya que son generados en los hogares; de ahí que, la etapa de la recolección de los residuos sólidos urbanos está muy ligada a la salud pública y es tarea de las administraciones gubernamentales encabezar planes de atención a esta problemática; sin embargo:

Para los países de América Latina y el Caribe la conservación del medio ambiente pasa a un segundo plano ante el número de necesidades básicas que deben cubrir, por esa razón en la mayoría de estos países los entes gubernamentales participan en la gestión de residuos sólidos realizando lo mínimo requerido para el sistema y destinando muy pocos recursos financieros para el sector. Esto trae como consecuencia que los procesos de recolección,



tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos sean realizados con tecnologías inadecuadas (Sáez y Urdaneta, 2014, p. 132).

Además, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (2012) “la ausencia de esta actividad y su vinculación con la proliferación de enfermedades infecciosas en el siglo XIX, fue el factor detonante para atribuir a los gobiernos locales la responsabilidad de ofrecer dicho servicio” (p. 38).

Frente a esta situación, Sáez y Urdaneta (2014) señalan que para lograr en América Latina y el Caribe mejoras en el manejo de residuos sólidos, “se requiere de voluntad por parte de los gobiernos, fuertes inversiones para la realización de estudios y el desarrollo de proyectos de ingeniería, y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos” (p. 133); además, es importante mencionar que también se requiere de voluntad y educación por parte de los pobladores en torno a una cultura del reciclaje y de reducción en la producción de residuos.

En este sentido, podría entenderse por optimización de rutas todas aquellas acciones que contribuyan a la mejora de la función de distribución, bien sea en términos de nivel de servicio, mejora de la calidad, reducción de costes y de impacto ambiental, etc.

Los problemas con la evacuación de los residuos aparecen cuando los seres humanos comenzaron a congregarse en las ciudades, y la acumulación de residuos se convirtió en una consecuencia de la vida urbana. Como ejemplo gráfico de esta situación podemos citar a los Estados Unidos, donde en el año 1990 se produjeron 168 millones de toneladas de residuos urbanos, lo cual equivale a 670 kg/habitantes/año y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) estima que ese número crecerá hasta 806 kg/habitantes/año para el 2010.



El crecimiento continuo de los residuos, no sólo plantea la problemática de su eliminación, además existe la dificultad asociada a la entidad ingente de recursos no renovables, consumidos para la generación de los bienes iniciales.

En España, por ejemplo, la generación de residuos de todo tipo, alcanza unos 275 millones de toneladas anuales, lo cual significa un promedio por habitantes diarios ascendentes a 20 kg/habitantes/día correspondiendo a los residuos urbanos un estimado de 1 Kg/Ha/día, lo que representa un 5% del total de residuos generados.

Los residuos urbanos no dejan de tener gran importancia, ya que se han duplicado en los últimos diez años y sus características lo hacen especialmente conflictivo. Los residuos urbanos son los más cercanos al ciudadano, ya que son generados en los hogares.

#### **1.4.1. La gestión de residuos sólidos urbanos en Ecuador**

La población del Ecuador según el Censo de Población y Vivienda del año 2010 es de 14.483.499 millones de habitantes, registrándose que un 77% de los hogares elimina la basura a través de carros recolectores y el restante 23% la elimina de diversas formas, así por ejemplo la arroja a terrenos baldíos o quebradas, la quema, la entierra, la deposita en ríos acequias o canales, etc. (INEC, 2010).

Según datos provistos por el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, el MIDUVI (2016), y otras instituciones, se determinó que:

- El servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2% en las áreas urbanas y de 54.1% en el área rural, la fracción no recolectada contribuye directamente a la creación de micro basurales descontrolados.
- Apenas un 24% de los Gobiernos Autónomos Descentralizados ha iniciado procesos de separación en la fuente, 26% de procesos de recuperación de materia orgánica y 32% de recolección diferenciada



de desechos hospitalarios. El 73,4% de los vehículos de recolección del país son compactadores y se tiende a no utilizar equipos abiertos. El 70% de los equipos supera la vida útil de 10 años.

- Solo el 28% de los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios inicialmente controlados que con el tiempo y por falta de estabilidad administrativa y financiera, por lo general, terminan convirtiéndose en botaderos a cielo abierto. El 72% de los residuos restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto (quebradas, ríos, terrenos baldíos, etc.), que provocan inconvenientes e impactos de diferente índole como taponamiento de cauces de agua y alcantarillados, generación de deslaves, proliferación de insectos y roedores; que traen consigo problemas ambientales y de salud a la población.
- Actualmente la generación de residuos en el país es de 4,06 millones de toneladas métricas al año y una generación per cápita de 0,74 kg. Se estima que para el año 2017 el país generará 5,4 millones de toneladas métricas anuales, por lo que se requiere de un manejo integral planificado de los residuos (Ministerio de Ambiente, 2016).

Desde el año 2002 hasta el 2010, de acuerdo al Ministerio de Ambiente (2018), la situación a nivel nacional respecto del tratamiento de residuos era preocupante:

De un total de 221 municipios 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto, perjudicando y contaminando los recursos suelo, agua y aire; con la consiguiente afectación a la salud de la población y en especial de los grupos de minadores que trabajaban en condiciones inadecuadas. Los restantes 61 municipios, presentaban un manejo de sus desechos con insuficientes criterios técnicos, en sitios de disposición final parcialmente controlados.

Bajo este contexto, el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, en el año 2010, crea el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), con el objetivo primordial de





“impulsar la gestión de residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas” (Ministerio del Ambiente, 2018, sp.). Las metas iniciales definidas por el Programa contemplaban “que un 70% de la población del Ecuador disponga sus desechos en un relleno sanitario técnicamente manejado hasta el año 2014” (Ministerio del Ambiente, 2018).

Además, el programa ha iniciado una nueva etapa que ha supuesto la ampliación del plazo de ejecución hasta el 2017, año para el cual el objetivo es eliminar los botaderos a cielo abierto de todos los municipios del país. Hasta el momento el programa ha beneficiado a “15 GADs con la entrega de geomembrana y ha financiado el estudio de Gestión Integral de Residuos Sólidos de 47 GADs de los cuales 24 han finalizado y los restantes 23 están en proceso” (Ministerio del Ambiente, 2018).

### **1.5. El papel de la administración en la gestión de un sistema de recolección de residuos y desechos**

La administración en la gestión de recolección de residuos debe fundamentarse en criterios técnicos para poder solucionar los grandes problemas de las ciudades respecto a este tema. De acuerdo con Bernache (2015), los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos son:

- a) El creciente monto de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se desechan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de los mismos; b) los requerimientos económicos (presupuestales) para el pago de personal y parque vehicular para la recolección; la disposición final de residuos en sitios, ya que no siempre se cuenta con infraestructura completa para el control de la contaminación; c) la falta de estrategias para la gestión sustentable



de residuos; y, d) la escasa participación social en los procesos de gestión, particularmente en lo que se refiere a minimizar la producción y separar los residuos (p. 73).

De ahí, la gestión del servicio público precisa, no solo de manejo, entendido como “el conjunto de actividades relacionadas con la vida del residuo, *desde la cuna hasta la tumba*, y las etapas que conlleva” (Jiménez, 2015, p. 31); sino que requiere además de una *gestión integral* que incluye “todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de residuos sólidos” (Jiménez, 2015, p. 32). Entonces, hablamos de gestión integral de los residuos, en la cual, se puede decir, se incluye el manejo.

Es decir, la gestión integral es algo más que lo llevado a cabo por los sistemas de limpieza de las ciudades ya que incorpora otros elementos: acciones normativas, operativas, financieras y de planificación que una administración municipal puede desarrollar, basándose en criterios sanitarios, ambientales y económicos para recolectar, tratar y depositar los residuos sólidos de su ciudad. Por ello, “la gestión de los residuos sólidos constituye un reto para los ayuntamientos porque requiere de profesionales capacitados, grandes montos de recursos presupuestales y un plan de gestión sustentable” (Bernache, 2015, p. 74).

En suma, la administración es indispensable para el manejo de los residuos sólidos, pero por sobre todo es necesario para que constantemente se estén implementando mejoras en el servicio que se ofrece mediante diversos recursos tecnológicos. Las políticas implementadas por la administración son la diferencia entre ofrecer un servicio que cause malestar en la ciudadanía y uno que sea modelo para otros sectores de la población.

#### **1.6. La Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari, EMAIPC EP**

De acuerdo a la Constitución del Ecuador, en el artículo 264 en el numeral 4, y el COOTAD, específicamente en el artículo 65 en el literal d, les



otorgan competencias exclusivas a los Gobiernos Autónomos Descentralizados tales como prestar los servicios de alcantarillado, agua potable, depuración de aguas residuales, manejo y control de desechos sólidos, saneamiento ambiental y otros que establezca la ley. Asimismo, en el artículo 277, el COOTAD permite la creación de empresas públicas que se encarguen de todos estos aspectos según los intereses de la población en general. Estas empresas deben garantizar eficiencia y mejorar la calidad en la prestación de servicios. (EMMAIPC, 2017)

Tomando en cuenta todos estos antecedentes, mediante un acto normativo se crea Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí (EMAIPC- EP), cuya ordenanza es sancionada el 29 de diciembre del 2011, y el resultado de esto es el comienzo del tratamiento de los desechos sólidos desde el 01 de enero del 2012. Desde esta fecha, la voluntad política de los alcaldes y el soporte técnico de la fundación española IPADE (Instituto de Promoción y Apoyo al Desarrollo), se conforma lo que hoy se conoce como Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari EMMAIPC-EP, cuyo objetivo está en trabajar por la limpieza, recolección y disposición de los desechos sólidos, a través de procedimientos técnicos que logren garantizar la calidad de vida de cerca de 100 mil personas del territorio de la mancomunidad. A partir del 3 de enero de 2012, la empresa comenzó con la recolección y limpieza del sector. De acuerdo a la ordenanza, el personal, mobiliario y equipamiento que eran parte de los municipios deben pasar ahora a la EMMAIPC-EP. Además, la empresa presenta trabajo en la consolidación de la Empresa Mancomunada para la gestión de los residuos sólidos, la construcción del Centro de Gestión de Desechos Sólidos de la Mancomunidad del Pueblo Cañari y Programa de sensibilización y educación ambiental. También se trabaja en el cierre de los botaderos de Biblián y Yuracasha mediante criterios técnicos y evitando la contaminación (EMMAIPC, 2017).

La Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari EMMAIPC-EP, fue creada con el objetivo de implementar la Gestión Integrada de los Desechos Sólidos, a través de establecer vínculos



con la ciudadanía, tratando de consolidar una cultura ambiental (EMMAIPC, 2017). Esta empresa cubre el sector de los cantones de Cañar, El Tambo, Suscal y Biblián, además de 15 parroquias rurales y alrededor de 95.000 habitantes en una superficie de alrededor de los 2.300 Km<sup>2</sup>.

La empresa guarda políticas de calidad en la que buscan brindar soluciones simples y de innovación tecnológica generando cultura ambiental, y satisfaciendo los requerimientos de los clientes. Esto es importante puesto que este proyecto propende precisamente implementar mejoras en las rutas trazadas a través del aporte de la tecnología. La empresa también se encarga de realizar reciclaje en los rellenos para disminuir hasta en un 70% los residuos inorgánicos, mientras que los orgánicos van para proyectos de lombricultura (EMMAIPC, 2017).

### **1.7. Ordenanza para la gestión integral de residuos y desechos sólidos en los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal**

Actualmente se encuentra trabajando en la ordenanza para la gestión de residuos y desechos sólidos en los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal, que normará todos los procedimientos que realiza actualmente la empresa de gestión de residuos y desechos sólidos en la Mancomunidad Cañari. Sin embargo, existe un borrador en el que se presentan algunas características. Por ejemplo, en el artículo 2 se propone como objetivo:

El ordenamiento sobre el manejo integral de los residuos y/o desechos sólidos, cumpliendo con la constitución, legislación ambiental, el COOTAD, la ordenanza de constitución con el fin de reducir los impactos ambientales, sociales, económicos, posibles repercusiones de salubridad, de la ciudadanía, procurando impulsar una cultura ambiental en la ciudadanía en general. (EMMAIPC, 2017)

Por otro lado, y como algo importante para la EMMAIPC-EP, se establece en el artículo 3 que será esta empresa la que promueva las políticas públicas que aseguran la gestión integral de los desechos sólidos,



tratando de minimizar el impacto ambiental de los residuos sólidos, creando cultura del cuidado ambiental y fomentando la participación ciudadana.

Otra situación importante respecto a la ordenanza es la investigación y la tecnología como recursos necesarios para mejorar el sistema de gestión en forma constante, sistematizando y difundiendo el conocimiento. Dentro de estos procesos, se puede también establecer que la empresa necesita ofrecer cada vez mejores servicios y optimizar tiempos de labores como la recolección de residuos sólidos. Este trabajo pretende estudiar y buscar formas de mejorar el servicio de recolección.



## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN EMMAIPC EP

#### 2.1. Tipo de investigación

El estudio corresponde a la investigación básica puesto que se centra en determinar la situación actual del sistema de recolección de basura y plantear estrategias que permitan llegar a un objetivo en concreto, que en este caso es diseñar rutas de recolección de desechos óptimos en tiempo y en costo, para que pueda ser de utilidad para los pobladores que se benefician del servicio de recolección prestado por la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP).

La investigación es también cuantitativa, puesto que se fundamenta en el análisis de la realidad estudiada, que es el sistema de recolección de desechos de la EMMAIPC EP, mediante datos que serán recolectados por procedimientos de medición para tener una visión real que permita explicar los resultados y poder plantear propuestas oportunas.

#### 2.2. Método de investigación

El método de investigación es **exploratorio** porque se trata fundamentalmente de la realización de trabajo de campo en el cual las investigadoras pueden interactuar con el fenómeno que se estudia y obtener una visión real y específica de lo que se quiere conocer: cómo se manejan las rutas de recolección actuales y cómo se las puede mejorar. Además, se utiliza como método la **observación participativa**, pues, a lo largo de la investigación han interactuado con el personal administrativo de la empresa para establecer maneras de mejorar las rutas para poder recolectar y registrar información para su posterior análisis.

### 2.3. Población y muestra

El número de rutas estudiadas que atiende directamente EMMAIPC-EP (2018), suman 26 que constituye el total de la población y muestra del presente estudio (estudio censal). Estas rutas son atendidas con 7 camiones, propiedad de la empresa, 8 choferes y 28 peones. Ellos atienden los cantones Suscal, Biblián, El Tambo y Cañar, trabajando de forma permanente como empleados de EMMAIPC-EP.

En consecuencia, el trabajo metodológico aplicado en el proceso investigativo, es de tipo censal, puesto que se consideran todas las rutas, camiones y choferes involucrados en el proceso de recolección de desechos y residuos. Cabe señalar que los choferes tienen a su cargo un total de 28 peones que realizan la labor de la recolección. Esta información se expone a continuación en el siguiente cuadro:

**Tabla # 1.** Rutas, camiones, y mano de obra por cantones.

Cantón	Número			
	Rutas*	Camiones	Choferes	Peones
Cañar	11	3	4	10
Biblián	8	2	2	9
El Tambo	4	1	1	3
Suscal	3	1	1	6
Total	26	7	8	28

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

**\*Nota:** Ver en Anexo 6 la división de rutas por cantones.

Además de lo expuesto en la tabla anterior, es importante mencionar que, varias rutas tienen dos recorridos semanales, en estos casos, se han promediado sus valores.

### 2.4. Métodos de obtención

Se empleó una encuesta basada en el Modelo SEDESOL que se explica en el Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos (SEDESOL, 2001). Este manual ha sido

empleado por varios estudios, tal es el caso del estudio realizado para evaluar las rutas de recolección del Municipio de Santiago de Querétaro, México (Betanzo, Torres, Romero y Obregón, 2016); así como, el estudio para mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos en el Municipio de Villaflores, Chiapas (Araiza y Zambrano, 2015); y, el estudio para diagnosticar y gestionar residuos sólidos urbanos en Mexicali, México (Calva y Rojas, 2014). La información que se requiere disponer de algunas variables que se consultaron directamente utilizando un instrumento (Anexo 1):

**Tabla # 2.** Operacionalización de variables.

Variable	Descripción	Escala
Longitud	Distancia en Km recorrida por el camión recolector en cada ruta.	Cuantitativa
Población	Cantidad de habitantes que residen en la zona a la que atiende el carro recolector en una ruta.	Cuantitativa
Densidad poblacional	Número de habitantes que residen a lo largo del recorrido que realiza el camión recolector dividido para la cantidad de kilómetros recorridos.	Cuantitativa
Velocidad de avance	Es un valor estándar del recorrido que realiza un camión recolector de residuos y desechos.	Cuantitativa
Proporción de la distancia productiva	La distancia productiva es la distancia en la que el camión realiza el trabajo de recolección y depósito de los residuos y desechos en el relleno sanitario.	Cuantitativa
Tiempo disponible para la recolección	Cantidad de minutos empleados en la recolección de los residuos y desechos en cada ruta.	Cuantitativa
Rutas	Número de rutas que se realizan para recolectar desechos y residuos en los cantones Suscal, Biblián, El Tambo y Cañar.	Cuantitativa

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

## 2.5. Tratamiento de la información





Para el tratamiento de la información se utilizó una ecuación que permite medir el rango de variación en las rutas, permitiendo de esta manera, medir el tiempo que demora en cubrir la ruta cada camión. Los resultados posibles que se pueden presentar con esta ecuación son tres: a) un equilibrio entre los recorridos productivos e improductivos, b) una situación esperada y, c) situación no esperada. Betanzo, Torres, Romero y Obregón (2016), explican que, el equilibrio de los recorridos productivos e improductivos se puede evaluar con la ecuación en cuestión, considerando que el objetivo es cuantificar las rutas para determinar si se acercan o no al óptimo teórico (0%).

A continuación, se expone la ecuación del método empleado:

$$L = \frac{P}{d} = \frac{T(r)}{60} = \frac{a(T)r}{60} \quad \textbf{Ecuación 1}$$

Donde:

*L = Longitud del recorrido del camión en un turno (km).*

*P = Población de la zona que atenderá un camión en cada turno (hab).*

*d = Densidad de población (hab / km).*

*r = Velocidad del avance del vehículo durante la recolección.*

*a = Proporción de la distancia productiva en relación a la distancia total.*

*T = Tiempo disponible para la recolección (Min).*

Con base en la ecuación 1, se establece la relación de equilibrio entre los recorridos productivos e improductivos (internos y externos a la ruta), generando que la condición ideal resultante sea la siguiente:

**Equilibrio entre los recorridos productivos e improductivos**

$$\frac{P}{d} = \frac{a(T)r}{60} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$r$  = Velocidad del avance del vehículo durante la recolección.

$a$  = Proporción de la distancia productiva en relación a la distancia total.

$T$  = Tiempo disponible para la recolección (Min).

En la ecuación 2, lo ideal es aumentar el parámetro “a”, lo que significaría aumentar la distancia productiva tanto como sea posible y, al aumentar “a” provoca que se disminuya la distancia improductiva, siendo la restricción el tiempo total de la jornada de trabajo. Partiendo de una igualdad como se refleja en la ecuación 2, al aumentar “a”, el segundo término de la ecuación va a ser menor con relación al primero, en consecuencia, se obtiene lo esperado, como se muestra en la ecuación 3:

**Situación esperada**

$$\frac{P}{d} > \frac{a(T)r}{60} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$r$  = Velocidad del avance del vehículo durante la recolección.

$a$  = Proporción de la distancia productiva en relación a la distancia total.

$T$  = Tiempo disponible para la recolección (Min).



Si el resultado es contrario a lo esperado en la ecuación 3, como se muestra en la ecuación 4, la jornada de trabajo no será suficiente para completar el ciclo y se tendrá que ajustar de tal manera que los recorridos tiendan a ser iguales, como en la ecuación 1.

### ***Situación no esperada***

$$\frac{P}{d} < \frac{a(T)r}{60} \quad \textbf{Ecuación 4}$$

Donde:

*r = Velocidad del avance del vehículo durante la recolección.*

*a = Proporción de la distancia productiva en relación a la distancia total.*

*T = Tiempo disponible para la recolección (Min).*

Con estas ecuaciones lo que se busca es determinar qué tan cercanas o lejanas se encuentran las rutas del óptimo teórico en base al método de SEDESOL (2001).

A continuación, se explica cómo se obtuvieron las variables para calcular estas ecuaciones.

#### **2.5.1. Longitud de recorrido (L)**

La longitud del recorrido del camión en un turno (**L**) medida en km, se obtiene directamente del reporte generado en el kilometraje del camión. Consta en la pregunta número 6 de la encuesta aplicada a los choferes (Véase anexo 1).

#### **2.5.2. Población (P)**

La población de la zona que atenderá un camión en cada turno (**P**), se obtuvo mediante la base de datos proporcionada por la administración de (EMMAIPC EP), esta variable viene medida en número de habitantes.



### 2.5.3. Densidad poblacional ( $d$ )

La densidad poblacional ( $d$ ) se obtiene de dividir el número de habitantes por kilómetro (ha/km). Esta variable se calculó con los datos de la población para los kilómetros recorridos en cada ruta.

### 2.5.4. Velocidad del avance ( $r$ )

La velocidad del avance del vehículo durante la recolección ( $r$ ), fue tomada en base a un estándar de velocidad que tienen los carros recolectores de basura que tiene la empresa según la información proporcionada.

### 2.5.5. Proporción de la distancia productiva ( $a$ )

La proporción de la distancia productiva en kilómetros ( $a$ ) en relación a la distancia total, es medida por los traslados externos. Esta variable se construyó restando a la distancia total recorrida por los camiones (Pregunta 7, Anexo 1), la distancia del recorrido que hace el camión en cada ruta (Pregunta 6, Anexo 1).

### 2.5.6. Tiempo disponible para recolección ( $T$ )

El tiempo disponible para la recolección ( $T$ ), fue proporcionado por los choferes de los camiones en la encuesta, mediante la pregunta número 6 (Anexo 1). Se calcula el tiempo en minutos empleados.

### 2.5.7. Generación de resultados

Para explicar la falta o exceso de tiempo en cada una de las rutas de los diferentes cantones de la provincia de Cañar, se trabajó en hojas de cálculo (Anexo 2). No obstante, para ejemplificar la forma en la que se trató la información, se presenta a modo de ejemplo, el procedimiento realizado para la Ruta 4 del cantón de Cañar (Para las demás rutas Véase los anexos del 2 al 5), pues el mismo procedimiento se empleó para cada ruta:

**Tabla # 3.** Datos operativos ruta 4, cantón Cañar.

Factor	Unidades	Ruta 4
Superficie	Km <sup>2</sup>	25.39
Población	Ha	835
Densidad de población	Hab/km <sup>2</sup>	33
Longitud total recorrida por el camión.	Km	72
Distancia que recorre el vehículo cargando residuos.	Km	23.4
Tiempo disponible para la recolección	min	480

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En la tabla 3, se observan los datos operativos de la ruta 4 del canton Cañar. Información que sirvió para procesar en una hoja de cálculo y computar los principales parámetros que requiere la aplicación del método SEDESOL (2001). Así se logró detectar los movimientos que realizan los camiones en cada una de las rutas y establecer si sobra o falta tiempo para llegar al óptimo teórico.

En la medición del desempeño de las rutas, ejemplificando nuevamente con la ruta 4 del cantón de Cañar, se pueden observar los siguientes datos:

**Tabla # 4.** Datos para el cálculo de la variación en la Ruta 4, del cantón de Cañar

Variable	Descripción	Unid	Ruta 1 1 <sup>er</sup> Turno
<b>p</b>	Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.	Ha	835
<b>d</b>	Densidad poblacional	Ha /km	33
<b>a</b>	Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total.	km/km	0,33
<b>T</b>	Tiempo disponible para la recolección.	min	480
<b>r</b>	Velocidad del avance del vehículo durante la recolección.	Km / h	9

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

Con esta información se procedió a desarrollar lo propuesto en la ecuación (1), y determinar si los recorridos reales están cerca del óptimo teórico. (Ver tabla 3). Cuando el tiempo de ejecución de una ruta es igual al tiempo planeado, la variación es del 0%, el resultado es un valor teórico de 1 en la ecuación 2. Esto se traduce en que, las longitudes de recorrido y los volúmenes de basura recolectados por km son apropiados en función de la demanda.

**Tabla # 5.** Rango de variación en la Ruta 4, del cantón de Cañar.

Formulación	Ruta 1 Primer turno
Óptimo teórico	1
p/d	25.39
$(a \cdot T \cdot r) / 60$	23.40
$P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60$	0.92
$1 - (P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60)$	0.08
Rango de variación	8%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

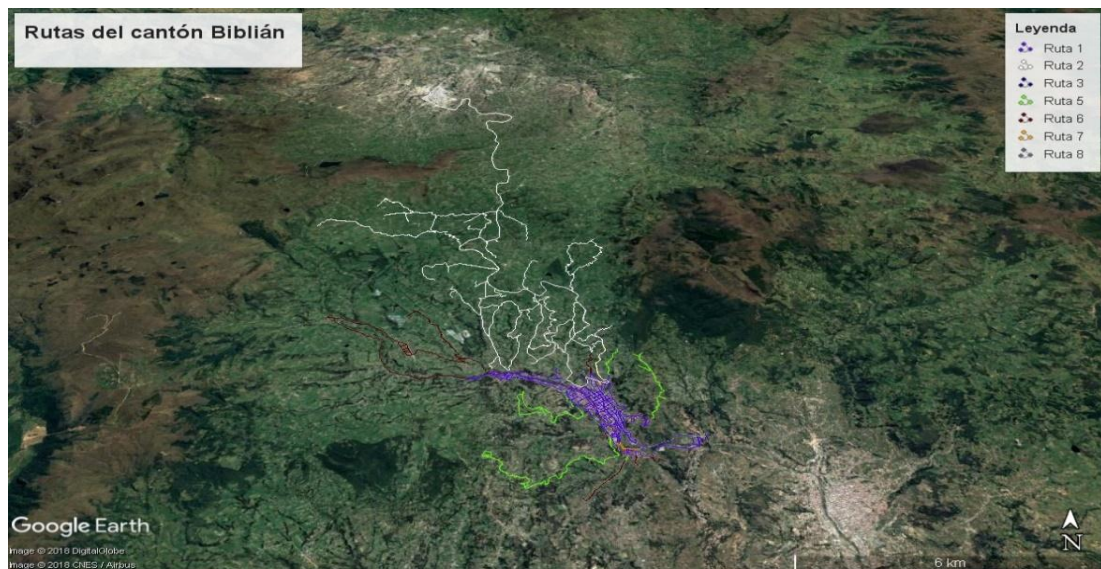
En la tabla 5, se muestra porcentualmente que el rango de variación es positivo (8%), y significa que, en la ruta 4, sobró tiempo al ejecutar el recorrido.

#### **2.5.8. Levantamiento de información en mapas de las rutas iniciales.**

En las siguientes imágenes se muestran como están distribuidas las rutas que recorren los camiones recolectores en los cantones Biblián, Cañar, El Tambo y Suscal.

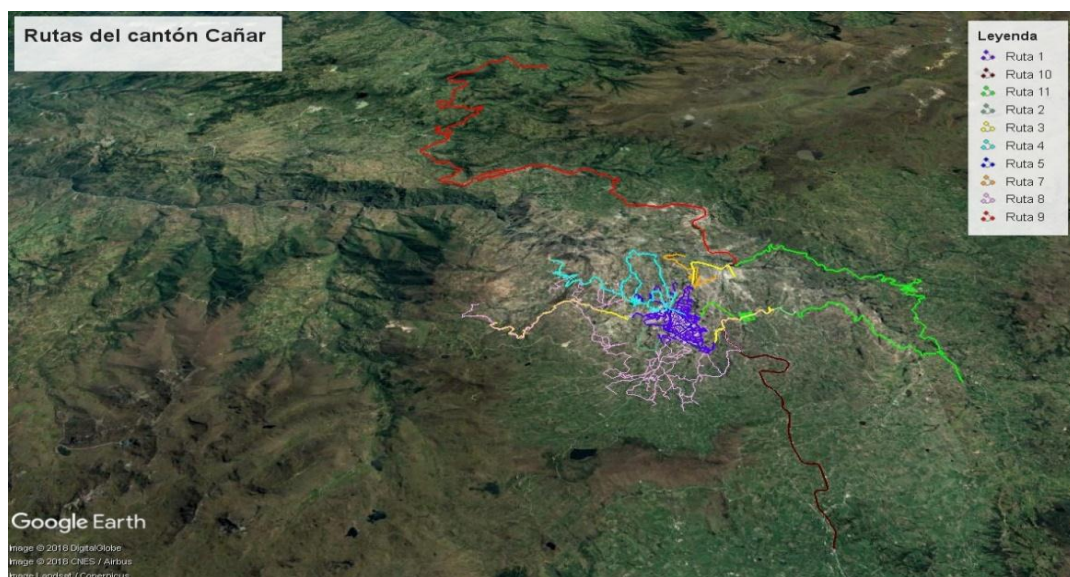


**Mapa # 1.** Rutas actuales que recorren los camiones en el cantón Biblián.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

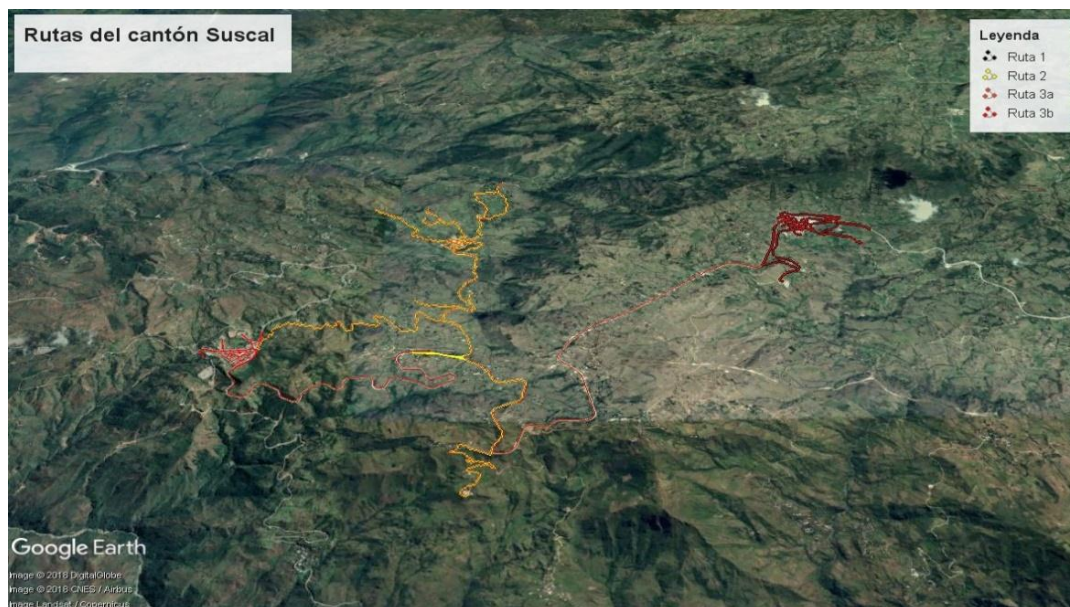
**Mapa # 2.** Rutas actuales que recorren los camiones en el cantón Cañar.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

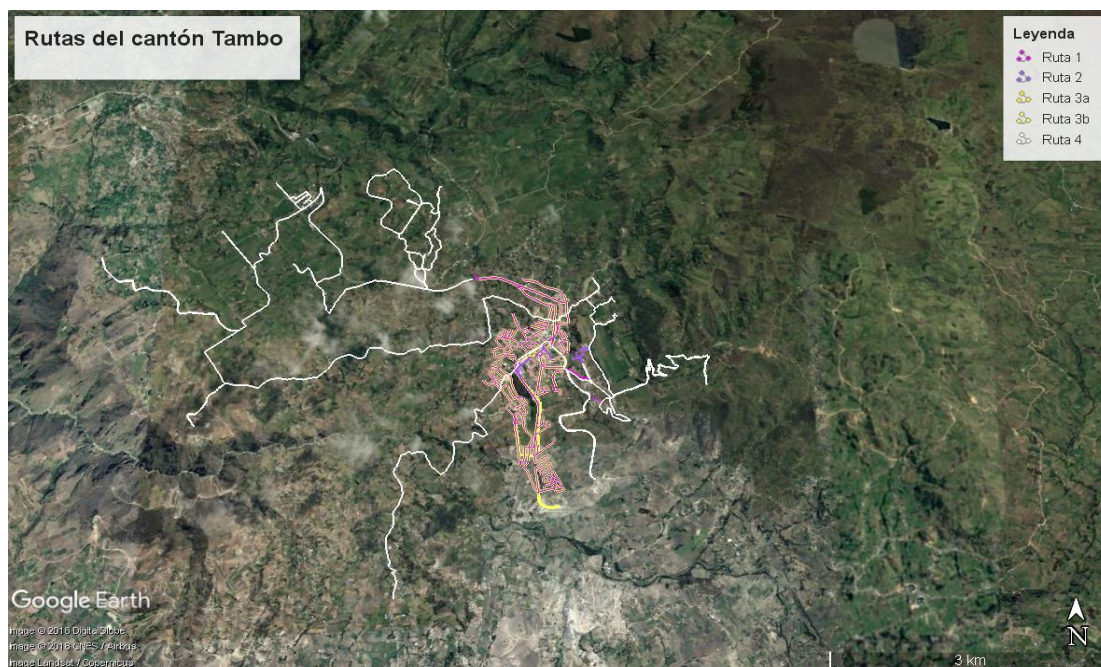


**Mapa # 3.** Rutas actuales que recorren los camiones recolectores en el cantón Suscal.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

**Mapa # 4.** Rutas actuales que recorren los camiones en el cantón El Tambo.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP



## 2.6. Diagnóstico de rutas con el Modelo SEDESOL

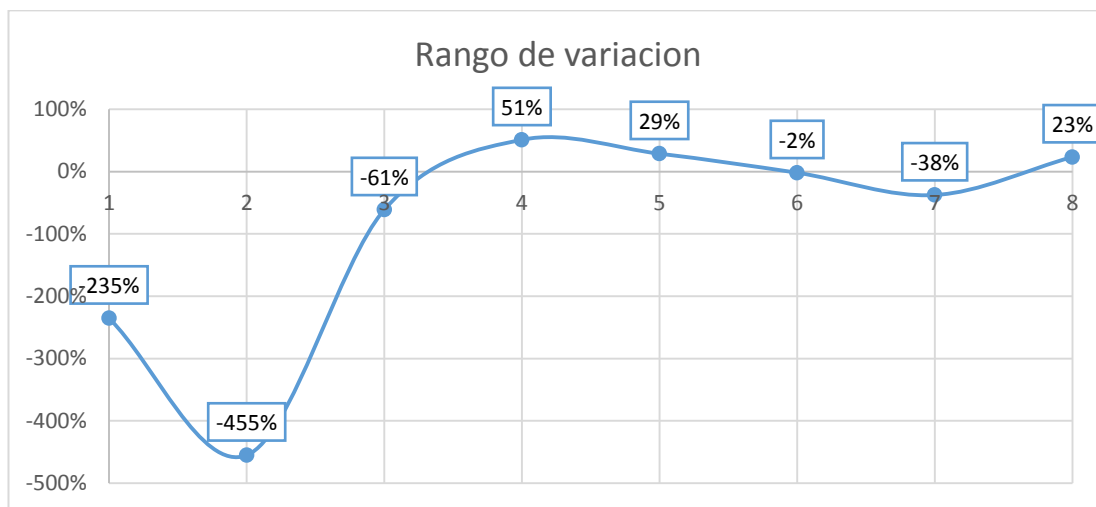
A continuación, se muestra los rangos de variaciones de cada ruta expresadas en porcentajes, para facilitar la comprensión, se analizan aquellas que son más críticas (ecuación 4) o aquellas que cumplen con los valores deseados (ecuación 3). Como se podrá observar, no se ha identificado un equilibrio que estaría alrededor del 0%.

**Tabla # 6.** Rango de variación en las rutas del cantón Biblián.

RUTAS	Ecuaciones				Rango de variación
	p/d	$(a \cdot T \cdot r) / 60$	$P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60$	$1 - (P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60)$	
Ruta 1	10.38	34.80	3.35	-2.35	-235%
Ruta 2	8.24	45.71	5.55	-4.55	-455%
Ruta 3	2.00	3.22	1.61	-0.61	-61%
Ruta 4	29.35	14.37	0.49	0.51	51%
Ruta 5	17.30	12.33	0.71	0.29	29%
Ruta 6	13.67	13.91	1.02	-0.02	-2%
Ruta 7	7.64	10.51	1.38	-0.38	-38%
Ruta 8	20.03	15.34	0.77	0.23	23%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

Las rutas del cantón Biblián muestran que existe mayor índice de variación negativa, esto se debe al recorrido desenraizado que realiza el camión, por este motivo los camiones realizan grandes recorridos para abarcar la mayor parte de la población. Claramente esto se refleja en la ruta dos y en las rutas negativas de este cantón.

**Gráfico # 1.** Índice de variación en las rutas del cantón Biblián


**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el gráfico 1 se muestra el comportamiento general expresado en la tabla 6, en el cual se manifiesta la gran distancia que se cubre en el recorrido de la ruta 2, misma que demanda un ajuste oportuno.

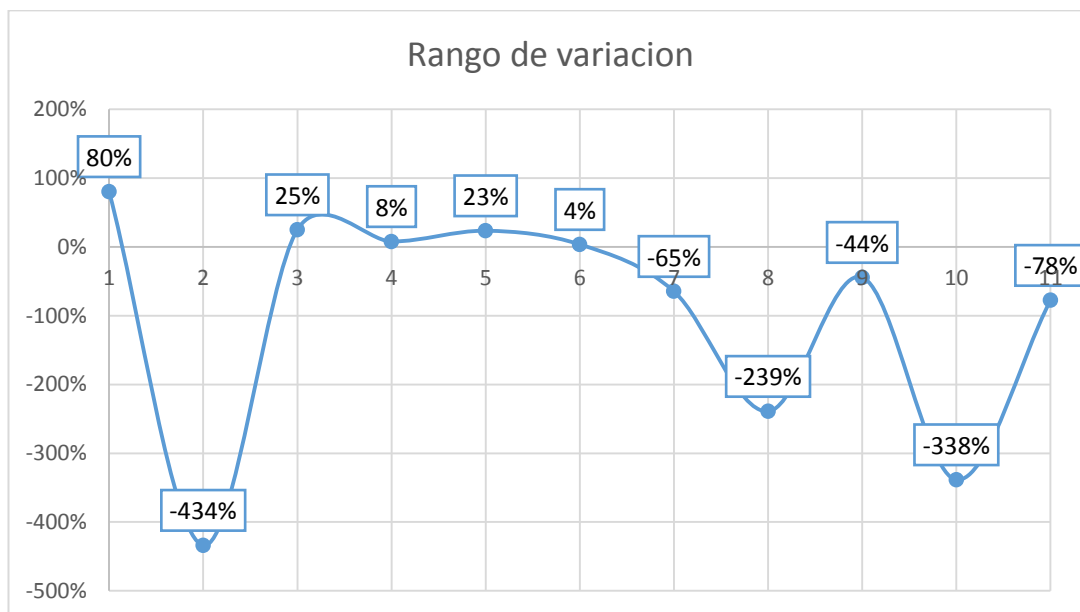
**Tabla # 7.** Rango de variación en las rutas del cantón Cañar.

RUTAS	Ecuaciones				Rango de variación
	p/d	$(a \cdot T \cdot r) / 60$	$P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60$	$1 - (P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60)$	
Ruta 1	86,5158539	17	0,196495778	0,803504222	80%
Ruta 2	10,4913777	56	5,337716508	-4,337716508	-434%
Ruta 3	69,9425181	52,5	0,750616384	0,249383616	25%
Ruta 4	25,392175	23,4	0,921543742	0,078456258	8%
Ruta 5	21,3780827	16,36	0,76526975	0,23473025	23%
Ruta 6	20,4353792	19,7	0,964014409	0,035985591	4%
Ruta 7	17,2423512	28,4	1,647107154	-0,647107154	-65%
Ruta 8	24,4798813	83	3,390539312	-2,390539312	-239%
Ruta 9	29,1021695	42	1,443191375	-0,443191375	-44%
Ruta 10	10,4001483	45,6	4,384552846	-3,384552846	-338%
Ruta 11	20,4961988	36,42	1,776914851	-0,776914851	-78%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

Por su parte, el rango de variación en las rutas del cantón Cañar muestra que la variación es aceptable, pero cabe recalcar que sigue apareciendo los problemas de centralización, esto produce rangos altamente negativos.

**Gráfico 2.** Índice de variación en las rutas del cantón Cañar.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

El comportamiento del recorrido en el cantón Cañar muestra un asilamiento entre recorridos positivos y negativos con un mayor porcentaje negativo. Los mayores problemas se presentan en los puntos 2, 8, 10, que se alejan demasiado de los valores esperados, por lo cual, se necesita urgente una optimización de los mismos.

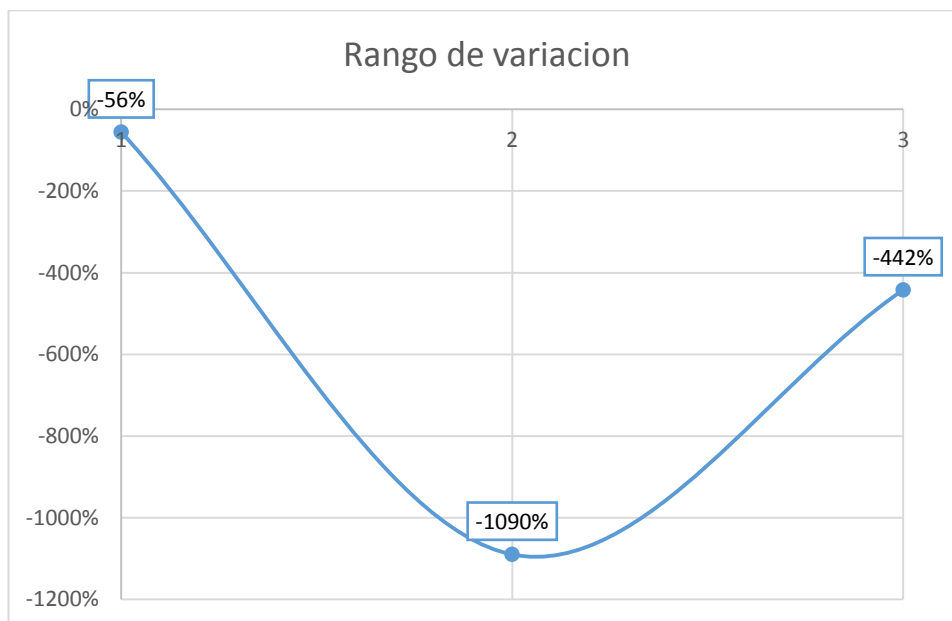
**Tabla # 8.** Rango de variación en las rutas del cantón Suscal.

RUTAS	Ecuaciones				Rango de variación
	$p/d$	$(a \cdot T \cdot r) / 60$	$P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60$	$1 - (P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60)$	
Ruta 1	4.20	6.56	1.56	-0.56	-56%
Ruta 2	2.10	25.00	11.90	-10.90	-1090%
Ruta 3	2.10	11.39	5.42	-4.42	-442%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el cantón Suscal los resultados manifiestan que existen índices de variación negativos en todas las rutas, debido a los largos recorridos que se realizan para abastecer a toda la población. Estos problemas se deben a la descentralización y a la inadecuada planificación de recorridos en los espacios urbanos pequeños, en especial de la ruta 2 que demanda un cambio urgente.

**Gráfico # 3.** Índice de variación en las rutas del cantón Suscal.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el gráfico 3 se observa que la tendencia es totalmente negativa para el cantón Suscal, por lo que urge modificar la situación del recorrido, especialmente en la Ruta 2.

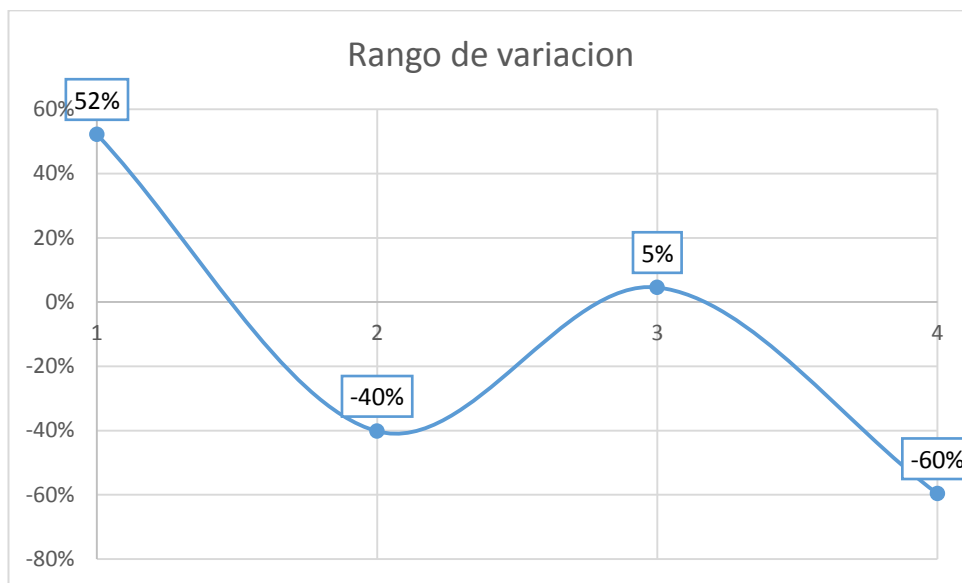
**Tabla # 9.** Rango de variación en las rutas del cantón El Tambo.

RUTAS	Ecuaciones				Rango de variación
	$p/d$	$(a \cdot T \cdot r) / 60$	$P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60$	$1 - (P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60)$	
Ruta 1	65,1440633	31,15384615	0,478230012	0,521769988	52%
Ruta 2	35,4532982	49,70588235	1,402010107	-0,402010107	-40%
Ruta 3	68,0527704	64,96039604	0,954559169	0,045440831	5%
Ruta 4	32,5994723	52,04090909	1,596372746	-0,596372746	-60%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el cantón El Tambo, se manifiesta nuevamente que existe una situación positiva pues los índices de variación son favorables en un 50%.

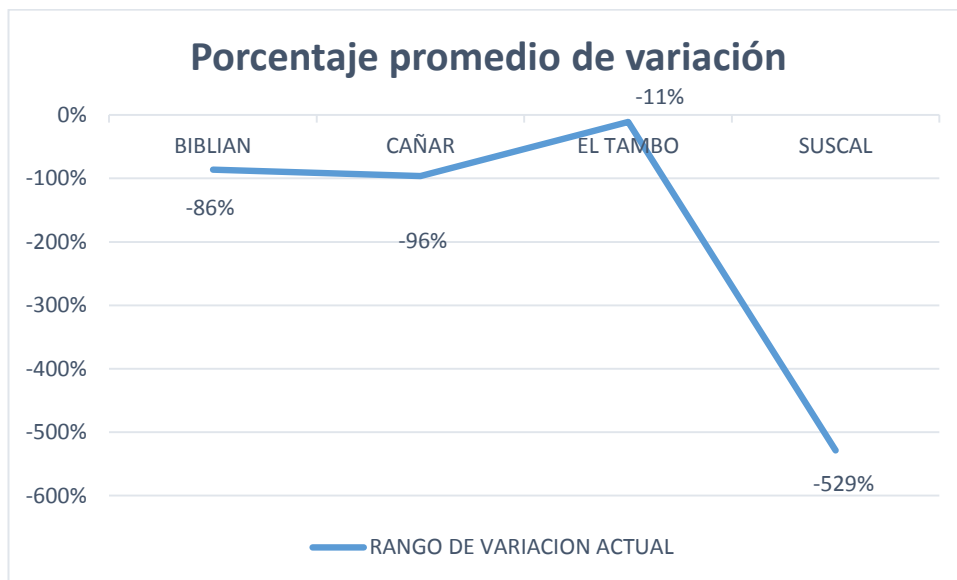
**Gráfico # 4.** Índice de variación en las rutas del cantón El Tambo.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

Este comportamiento oscilante entre negativo y positivo no está muy alejado de los valores esperados, por lo tanto, se requieren cambios solamente en las rutas con valores negativos.

**Gráfico # 5.** Índice de variación en las rutas de los cantones estudiados.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

Tal como se puede observar en la figura anterior, el tiempo destinado para las rutas de Cañar y El Tambo presenta situaciones esperadas para

mejorar el trabajo; sin embargo, en el caso de Biblián el porcentaje de variación es negativo, aunque próximo al equilibrio, mientras que, en Suscal la situación presenta muchos problemas, pues, expresa un porcentaje de variación muy alto para poder cumplir con el recorrido. No obstante, hay que reconocer que en el recorrido de Cañar y Biblián existen problemas en rutas específicas que demandan atención y planificación para un óptimo desarrollo de las rutas.

## 2.7. Análisis de costos.

**Tabla # 10.** Costos de las rutas del cantón Biblián por horas recorridas

RUTAS	Cantidad de combustible requerido(L)	Costo combustible diario	Tiempo de recorrido real mensual(h)	Número de trabajadores	Costo de mano de obra mensual	Costo del recorrido mensual
Ruta 1	33,54	\$ 34,88	32	4	\$ 208,64	\$ 243,52
Ruta 2	36,4	\$ 37,86	32	4	\$ 208,64	\$ 246,50
Ruta 3	24,18	\$ 25,15	32	4	\$ 208,64	\$ 233,79
Ruta 4	54,34	\$ 56,51	32	4	\$ 208,64	\$ 265,15
Ruta 5	27,95	\$ 29,07	32	4	\$ 208,64	\$ 237,71
Ruta 6	29,9	\$ 31,10	32	4	\$ 208,64	\$ 239,74
Ruta 7	28,6	\$ 29,74	32	4	\$ 208,64	\$ 238,38
Ruta 8	29,9	\$ 31,10	32	4	\$ 208,64	\$ 239,74

**Fuente:** Elaboración propia con base a ficha de observación trabajada con los administradores, EMMAIPC EP

En la tabla 10, se pueden observar las variables analizadas para la determinación de los costos como: la cantidad de combustible, tiempo de recorrido, el número de trabajadores, con el fin de determinar los costos de los recorridos actuales. En este recorrido no existe sobre carga de horas extras ni de horas nocturnas, por lo que el costo mensual queda reflejado en la tabla sin una significativa variación entre las rutas.

**Tabla # 11.** Costos de las rutas del cantón Cañar por horas recorridas

RUTAS	Combustible requerido(L) USD	Costo del combustible mensual	Tiempo de recorrido mensual	Número de trabajadores	Costo de mano de obras	Costo del recorrido mensual
Ruta 1	\$ 6,24	\$ 6,49	16	4	\$ 260,80	\$ 267,29
Ruta 2	\$ 14,56	\$ 15,14	32	4	\$ 521,60	\$ 536,74
Ruta 3	\$ 18,98	\$ 19,74	32	4	\$ 521,60	\$ 541,34
Ruta 4	\$ 18,72	\$ 19,47	32	4	\$ 208,64	\$ 228,11
Ruta5	\$ 13,52	\$ 14,06	16	4	\$ 208,64	\$ 222,70
Ruta 6	\$ 7,54	\$ 7,84	32	3	\$ 312,96	\$ 320,80
Ruta 7	\$ 14,04	\$ 14,60	32	3	\$ 312,96	\$ 327,56
Ruta 8	\$ 21,58	\$ 22,44	32	3	\$ 312,96	\$ 335,40
Ruta 9	\$ 28,6	\$ 29,74	32	3	\$ 312,96	\$ 342,70
Ruta 10	\$ 19,5	\$ 20,28	32	3	\$ 156,48	\$ 176,76
Ruta 11	\$ 18,2	\$ 18,93	16	3	\$ 156,48	\$ 175,41

**Fuente:** Elaboración propia con base a ficha de observación trabajada con los administradores, EMMAIPC EP

En la tabla 11, se muestra los costos de cada ruta realizada en el cantón Cañar, estos costos varían ya que los recorridos se realizan en diferentes horas. Además, algunas rutas tienen un costo adicional debido al sobre cargo de horas extras más horas nocturnas; así, por ejemplo, se puede visualizar en las rutas 2 y 3 un costo alto debido a que se realiza los domingos por la noche.

**Tabla # 12.** Costos de las rutas del cantón Suscal por horas recorridas

RUTAS	Cantidad de combustible requerido(L)	Costo del combustible mensual	Tiempo de recorrido mensual	Número de trabajadores	Costo de mano de obra	Costo del recorrido mensual
Ruta 1	15,86	\$ 16,49	38	3	\$ 185,76	\$ 202,25
Ruta 2	16,64	\$ 17,31	32	3	\$ 156,48	\$ 173,79
Ruta 3	20,54	\$ 21,36	38	3	\$ 185,76	\$ 207,12

**Fuente:** Elaboración propia con base a ficha de observación trabajada con los administradores, EMMAIPC EP

En la tabla 12, se puede observar que los costos de combustible mensual están entre los USD 16,49 y los USD 21,36 para cada ruta. En



todas las rutas solo se utilizan 3 trabajadores, por lo cual, sumando el costo de combustible más el costo de mano de obra se obtiene un costo mensual total de USD 202,25 para la ruta 1, USD 173,79 para la ruta 2, y de USD 207,12 para la ruta 3. Estos costos no están muy dispersos debido a que tampoco existe una amplia dispersión de tiempo entre cada ruta.

**Tabla # 13.** Costos de las rutas del cantón El Tambo por horas recorridas

RUTAS	Cantidad de combustible requerido(L)	Costo del combustible mensual	Tiempo de recorrido mensual	Número de trabajadores	Costo de mano de obra	Costo del recorrido mensual
Ruta 1	16,9	\$ 17,58	32	3	\$ 156,48	\$ 174,06
Ruta 2	22,1	\$ 22,98	32	3	\$ 156,48	\$ 179,46
Ruta 3	26,26	\$ 27,31	20	3	\$ 97,80	\$ 125,11
Ruta 4	14,3	\$ 14,87	32	3	\$ 156,48	\$ 171,35

**Fuente:** Elaboración propia con base a ficha de observación trabajada con los administradores, EMMAIPC EP

En la tabla 13 también se observa que los tiempos recorridos mensuales para cada ruta no están muy dispersos, a excepción de la ruta 3, que tiene un recorrido de 20 horas mensuales con una diferencia de 12 horas a las otras tres rutas. Por lo tanto, el costo en esta ruta también es más bajo, ya que tiene una diferencia de USD 58,68 en relación a las otras.

**Tabla # 14.** Costos promedios de recorridos de los cantones Biblián, Cañar, Suscal, y El Tambo por horas recorridas

Cantón	Costo promedio de los recorridos
Biblián	\$ 243,07
Cañar	\$ 315,89
Suscal	\$ 194,39
El Tambo	\$ 162,50

**Fuente:** Elaboración propia con base a ficha de observación trabajada con los administradores, EMMAIPC EP

En la tabla 14 se observan los costos promedio de cada cantón, evidenciándose claramente que en el cantón Cañar se produce un costo alto





frente a los demás cantones, esto, debido a que existen más rutas, lo cual eleva el número de horas de trabajo, además de otros factores que afectan los costos. En cuanto al cantón El Tambo, tiene el costo más bajo debido a que los recorridos se realizan en menor tiempo. En el caso del cantón Suscal, se necesitan más horas de trabajo para cubrir las rutas extras, estas horas de trabajo implican más costos para la empresa.



## CAPÍTULO III

### **OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN LA EMPRESA MUNICIPAL MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL DEL PUEBLO CAÑARI, EMAIPC EP”**

#### **3.1. Metodología para optimizar rutas**

En el diagnóstico realizado en el capítulo anterior se encontró que, la mayoría de las rutas tiene un índice de variaciones negativas muy altas, demostrando con esto que los recorridos son demasiados largos y no centralizados.

Una vez determinadas las rutas que necesitan optimización se procedió a mejorar el recorrido de cada una de ellas, tomando en cuenta algunas variables como: tiempo, distancia del recorrido, costo del recorrido y la centralización de las zonas más vulnerables.

Para ello, se ha tomado como base la utilización de datos obtenidos de las encuestas e información proporcionada por la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP), analizando los mismos cuidadosamente y con ayuda de ecuaciones matemáticas se encontró que algunas rutas necesitaban ser modificadas recortando el recorrido en lugares de menor densidad poblacional y dando prioridad a los lugares con mayor población; mientras que, en otros casos se aumenta el recorrido para compensar la deficiencia de las mismas.

### 3.2. Determinación de rutas optimizadas para recolección de residuos y desechos.

A continuación, se muestra los rangos de variaciones del diagnóstico y el rango de variación optimizado:

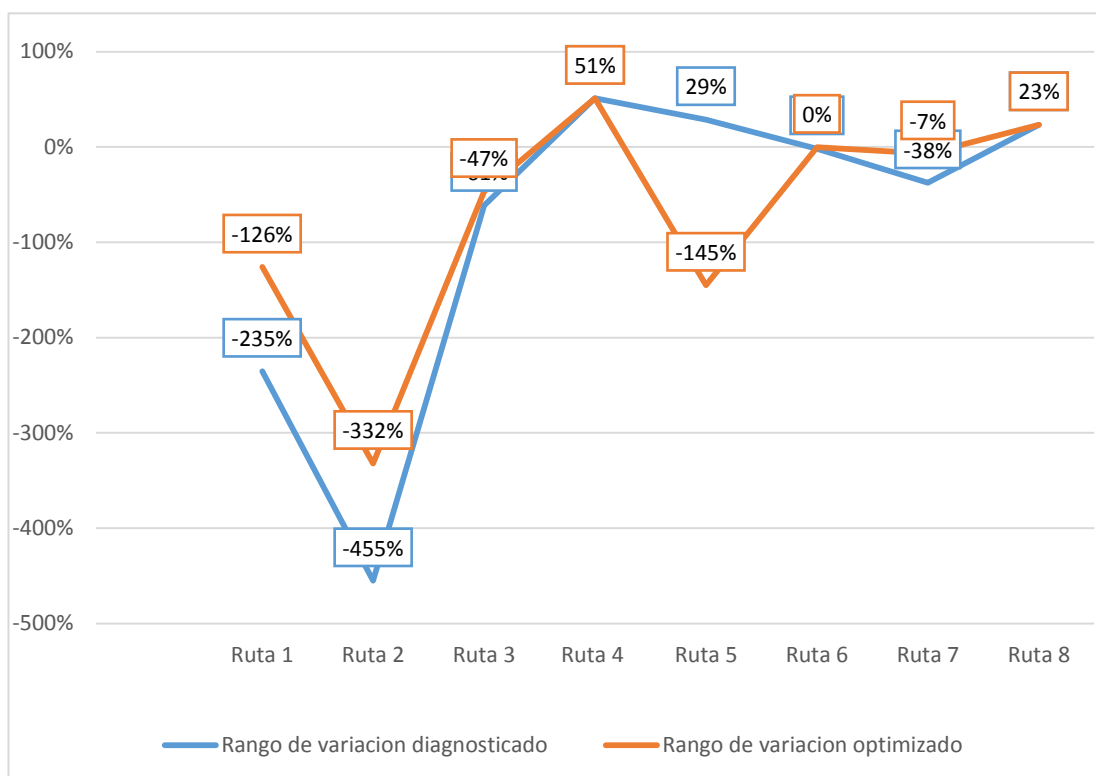
**Tabla # 15.** Rango de variación en las rutas del cantón de Biblián.

RUTAS	Rango de variación Diagnosticado	Rango de variación Optimizado
Ruta 1	-235%	-126%
Ruta 2	-455%	-332%
Ruta 3	-61%	-47%
Ruta 4	51%	51%
Ruta 5	29%	-145%
Ruta 6	-2%	0%
Ruta 7	-38%	-7%
Ruta 8	23%	23%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

Las rutas del cantón Biblián muestran en su diagnóstico que deben mejorarse, por lo que el rango de variación se optimizó con un mejoramiento en el recorrido. Claramente se observa que, en la mayoría de las rutas el rango de variación disminuyó, debido a que se asignaron más horas de trabajo a cada ruta para que de esta manera, se logre cumplir con el recorrido en todos los puntos de recolección de basura. Sin embargo, como era de esperarse, no se puede satisfacer a cada rincón donde se ubica la población, debido, principalmente, a los escasos recursos. De manera que, en algunos casos las acciones tomadas para brindar mayores beneficios a un gran número de pobladores, trae como consecuencia el perjuicio de unos pocos, y esto se demuestra con la ruta 5 que pasó de un 29% a un signo negativo de -145%; esto significa que, de sobrarle tiempo, ahora a esta ruta le hace falta tiempo para cubrir todos sus puntos de recolección.

**Gráfico # 6.** Índice de variación en las rutas del cantón de Biblián.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

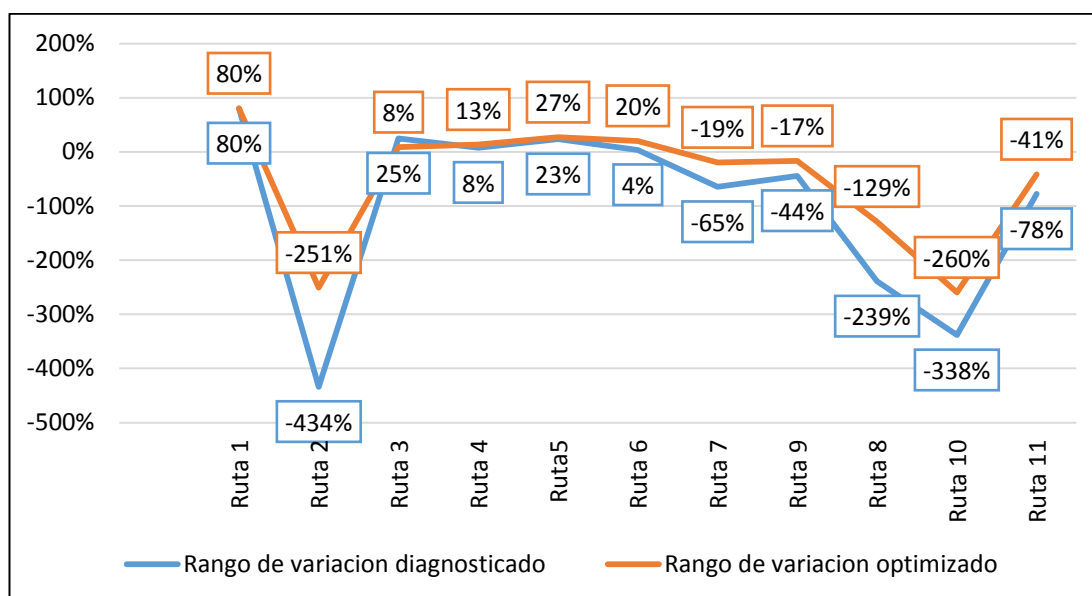
En el gráfico 6, se puede apreciar cómo ha mejorado notablemente el rango de variación de dichas rutas optimizándose de mejor manera debido a la descentralización de la población. Se puede apreciar que en la ruta 2, la optimización es notable; sin embargo, en la ruta 5, como se dijo anteriormente, pasó de un signo positivo a un negativo y muy alejado de cero. Estas externalidades negativas se deben a que algunas rutas tienen que hacerse cargo del recorrido para reducir el índice de variación negativo de otras, a costa de pasar de índices positivos a negativos como ha sido el caso de la Ruta 5, que pasó de un índice de 29% a -145%.

**Tabla # 16.** Rango de variación en las rutas del cantón Cañar.

RUTAS	Rango de variación diagnosticado	Rango de variación Optimizado
Ruta 1	80%	80%
Ruta 2	-434%	-251%
Ruta 3	25%	8%
Ruta 4	8%	13%
Ruta5	23%	27%
Ruta 6	4%	20%
Ruta 7	-65%	-19%
Ruta 8	-239%	-129%
Ruta 9	-44%	-17%
Ruta 10	-338%	-260%
Ruta 11	-78%	-41%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el cantón Cañar el diagnóstico muestra que las rutas deben mejorarse, por ello el rango de variación se optimizó con un mejoramiento en el recorrido, dando prioridad a las rutas 2, 7, 10, 11 donde existía un mayor alejamiento de los datos esperados con una reducción de su recorrido y manteniendo el recorrido en otras para compensar el recorte de las anteriores rutas.


**Gráfico # 7.** Índice de variación en las rutas del cantón Cañar.

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el gráfico 7, se puede apreciar cómo ha incrementado notablemente el rango de variación de dichas rutas no pudiendo optimizar de mejor manera debido a la descentralización de la población. En la mayoría de las rutas se presenta una mejora considerable debido a la restructuración de las rutas y, en otras, manteniendo una ligera variación como la ruta 3 para compensar el recorte de recorrido de la ruta 2.

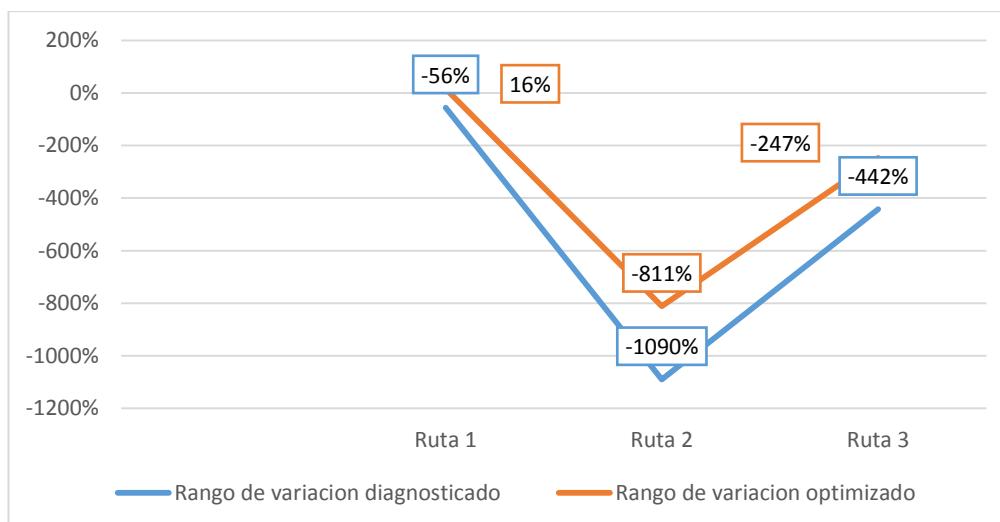
**Tabla # 17.** Rango de variación en las rutas del cantón Suscal

RUTAS	Rango de variación Diagnosticado	Rango de variación optimizado
Ruta 1	-56%	16%
Ruta 2	-1090%	-811%
Ruta 3	-442%	-247%

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el cantón Suscal el diagnóstico muestra que las rutas deben mejorarse, por ello, el rango de variación se optimizó con un mejoramiento en el recorrido. En este caso especial las rutas son demasiado largas y descentralizadas lo que no permite un acercamiento a los datos esperados, pero se redujo en gran parte el recorrido dando prioridad a los asentamientos con mayor población. Sin embargo, se puede observar que, mediante la optimización, la ruta 1 mejoró, pasando de un -56% a un 16%, demostrando que, se ha pasado de una falta de tiempo para cubrir todos los puntos de recolección de desechos sólidos, ahora sobra un poco de tiempo una vez cubierta la ruta en todos los puntos de recolección.

**Gráfico # 8.** Índice de variación en las rutas del cantón de Suscal.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el gráfico 8, se puede apreciar cómo ha incrementado notablemente el rango de variación de dichas rutas, no pudiendo optimizar de mejor manera debido a que, la mayor parte del recorrido, tiene baja densidad poblacional. En este cantón; sin embargo, se pudo mejorar ligeramente todas las rutas, aprovechando aquellos núcleos urbanos en los que la población no era tan dispersa.

---

**RUTAS    Rango de variación diagnosticado    Rango de variación optimizado**

---

Ruta 1	52%	72%
Ruta 2	-40%	5%
Ruta 3	5%	82%
Ruta 4	-60%	6%

---

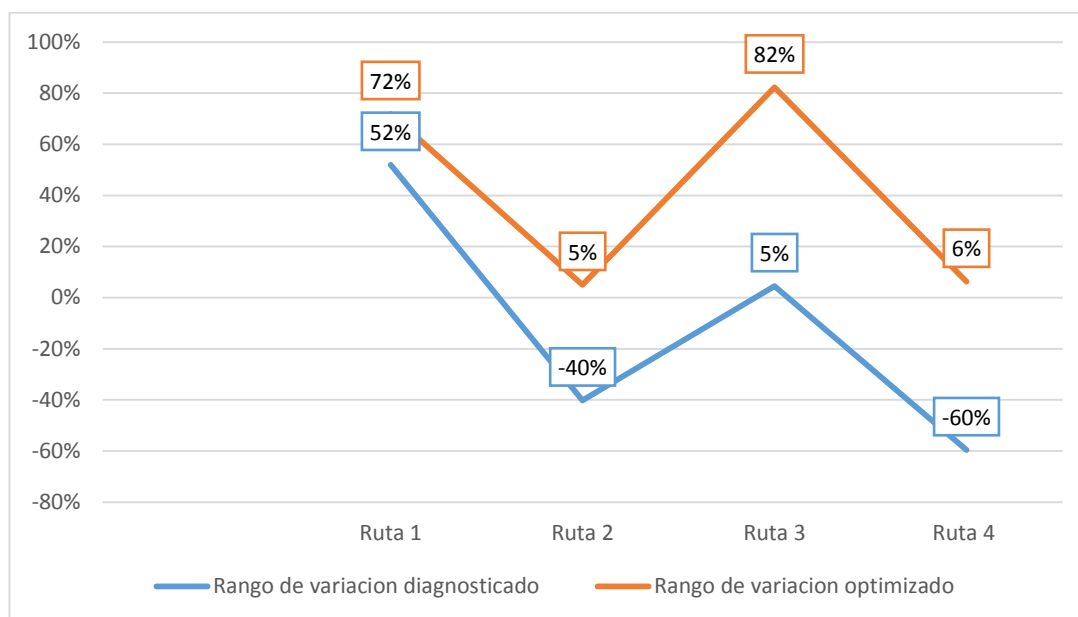
**Tabla # 18.** Rango de variación en las rutas del cantón de El Tambo.

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el cantón El Tambo el diagnóstico muestra que las rutas deben mejorarse, por ello el rango de variación se optimizó con una mejora en el recorrido. Las optimizaciones se acercan mucho al óptimo deseado,

teniendo rangos positivos en todas las rutas. La ruta 2 muestra una mejora, puesto que, pasó de un porcentaje de variación igual a -40% que se presentó en el diagnóstico, a un 5% con la optimización, demostrando con esto que, de haber faltado tiempo para la recolección de los desechos sólidos por parte de los camiones recolectores, ahora sobra un poco de tiempo una vez recorridos todos los puntos de recolección de desechos sólidos.

**Gráfico # 9.** Índice de variación en las rutas del cantón El Tambo.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

En el gráfico 9, se puede apreciar cómo ha incrementado notablemente el rango de variación de dichas rutas, no pudiendo optimizar de mejor manera debido a la descentralización de la población. En este cantón se muestra una mejora notable acercándose todas las rutas a rangos muy óptimos en mayor abastecimiento recolección de desechos sólidos por parte de los camiones recolectores. Esto se debe a las nuevas rutas planteadas bajo un enfoque de optimización de tiempos y costes.



**Tabla # 19.** Rango de variación en las rutas diagnosticadas y optimizadas de los cantones de Biblián, Cañar, El Tambo y Suscal.

Rutas	Biblián		Cañar		Suscal		El Tambo	
	Rango de variación diagnosticado	Rango de variación optimizado	Rango de variación diagnosticado	Rango de variación optimizado	Rango de variación diagnosticado	Rango de variación optimizado	Rango de variación diagnosticado	Rango de variación optimizado
Ruta 1	-235%	-126%	80%	80%	-56%	16%	52%	72%
Ruta 2	-455%	-332%	-434%	-262%	-1090%	-811%	-40%	5%
Ruta 3	-61%	-47%	25%	8%	-442%	-247%	5%	82%
Ruta 4	51%	51%	8%	13%	-	-	-60%	6%
Ruta 5	29%	-145%	23%	27%	-	-	-	-
Ruta 6	-2%	0%	4%	20%	-	-	-	-
Ruta 7	-38%	-7%	-65%	-19%	-	-	-	-
Ruta 8	23%	23%	-239%	-129%	-	-	-	-
Ruta 9	-	-	-44%	-17%	-	-	-	-
Ruta 10	-	-	-338%	-260%	-	-	-	-
Ruta 11	-	-	-78%	-41%	-	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

**Tabla # 20.** Costos promedios mensual de rutas de los cantones Biblián, Cañar, Suscal, y El Tambo.

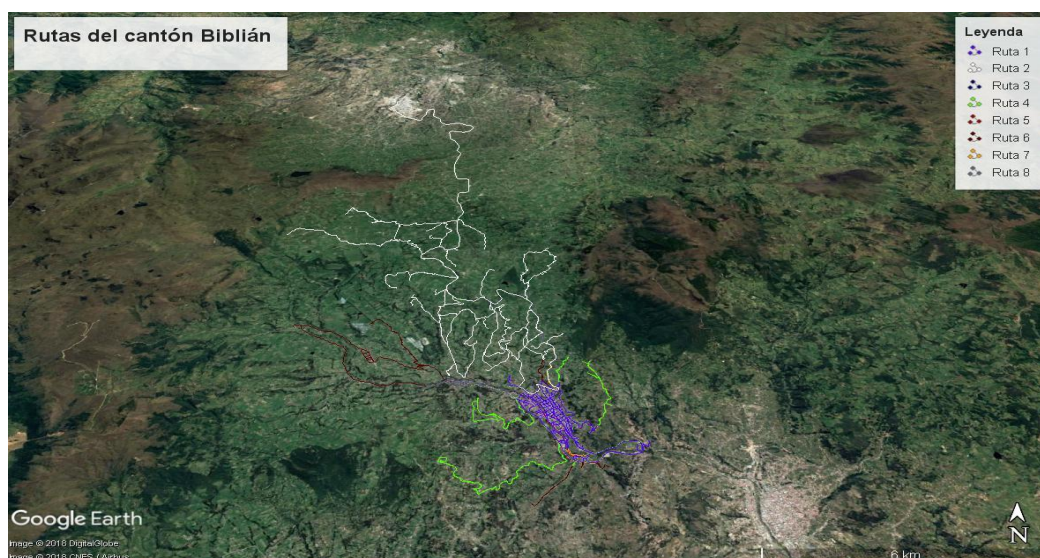
Cantón	Costo promedio inicial	Costo promedio optimizado
Biblián	\$243,07	241,73
Cañar	\$315,89	184,53
Suscal	194,39	148,90
El Tambo	162,50	139,61
	228,96	178,69

**Fuente:** Elaboración propia con base a ficha de observación trabajada con los administradores, EMMAIPC EP

En la tabla 20 se puede estimar que existe un ahorro mensual de rutas en los cantones de Biblián, Cañar, Suscal y el Tambo con un ahorro promedio de \$50,27 que resulta de restar a los \$228,96 del promedio inicial, los \$178,69 de promedio optimizado. También se advierte que, el cantón Cañar es más rentable seguido por Suscal con \$148,90.

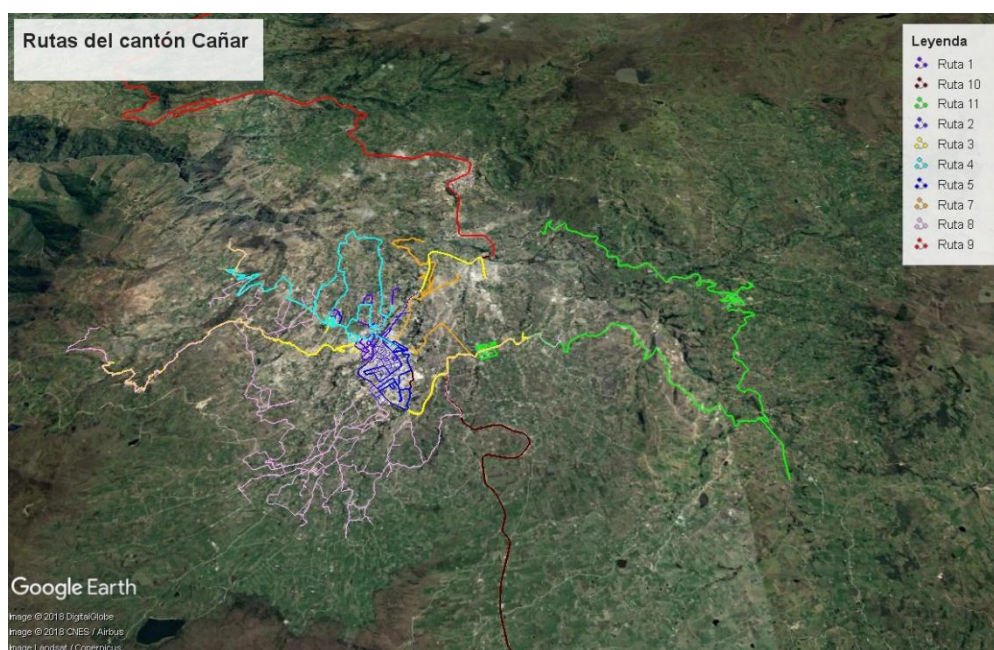
### 3.3. Mapa temático de rutas optimizadas.

#### Mapa # 5. Rutas del Cantón Biblián optimizadas.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP.

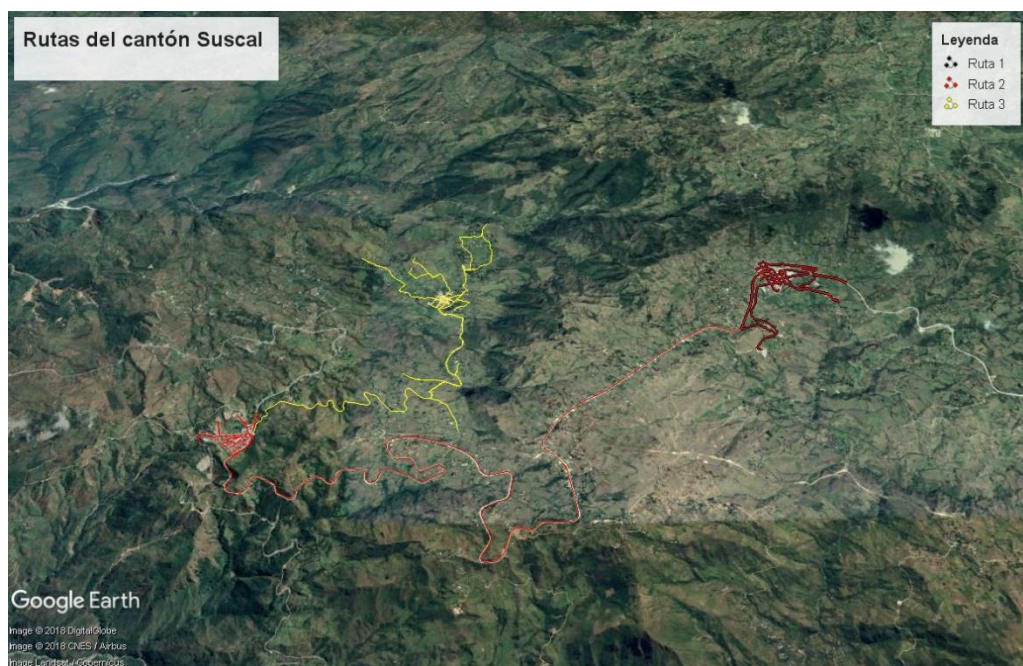
#### Mapa # 6. Rutas del Cantón Cañar optimizadas.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP.

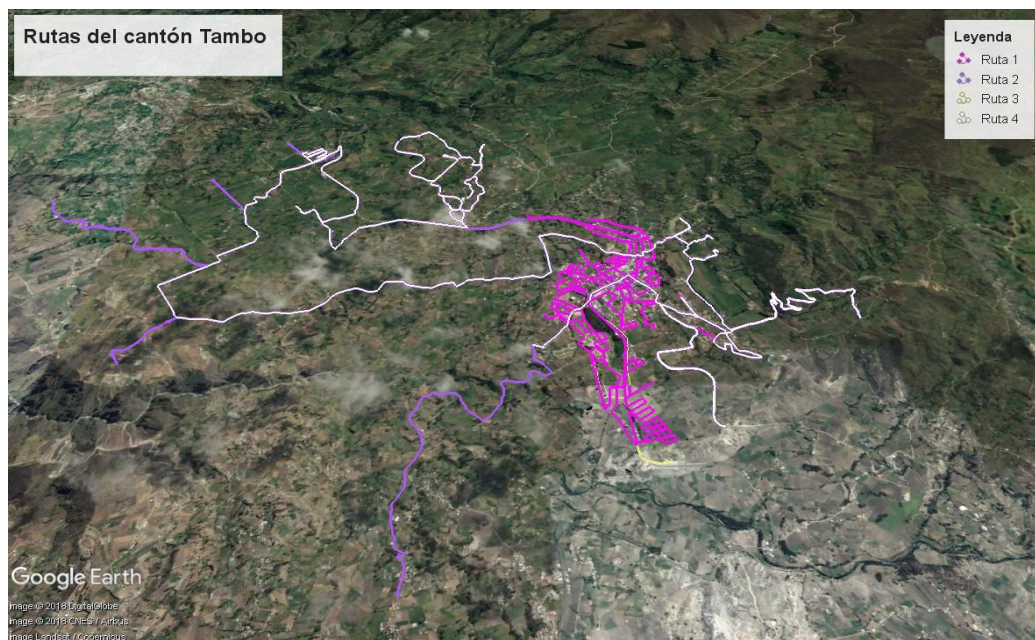


**Mapa # 7.** Rutas del Cantón Suscal optimizadas.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP

**Mapa # 8.** Rutas del Cantón El Tambo optimizadas.



**Fuente:** Elaboración propia con base a la encuesta a choferes, EMMAIPC EP



### 3.4. Diseño de control

#### 3.4.1. Definición de los resultados deseados.

La siguiente propuesta es aplicable a zonas urbanas pues ahí se puede planificar de mejor manera los recorridos en base a la densidad poblacional. Para ello se considera muy útil el rango de variación planteado por SEDESOL (2001):

$$\frac{P}{d} < \frac{a(T)r}{60}$$

Los rangos aceptables son 0% como mínimo y con un máximo del 100%, por lo que los resultados determinan que sí es factible. No obstante, se ha demostrado que, en zonas rurales de altura como ha sido el caso de la empresa EMMAIPC-EP, el rango de variación tiende a ser muy negativo.

#### 3.4.2. Determinación de las predicciones que guiarán hacia los resultados deseados.

Minimizando la distancia productiva se obtienen resultados dentro del rango deseado, esto ayuda a predecir que, mientras más baja sea la distancia productiva, los valores estarán dentro de los rangos deseados, los recorridos largos en zonas rurales tienen distancias muy improductivas debido a la descentralización poblacional, lo cual provee resultados negativos fuera de los rangos esperados.

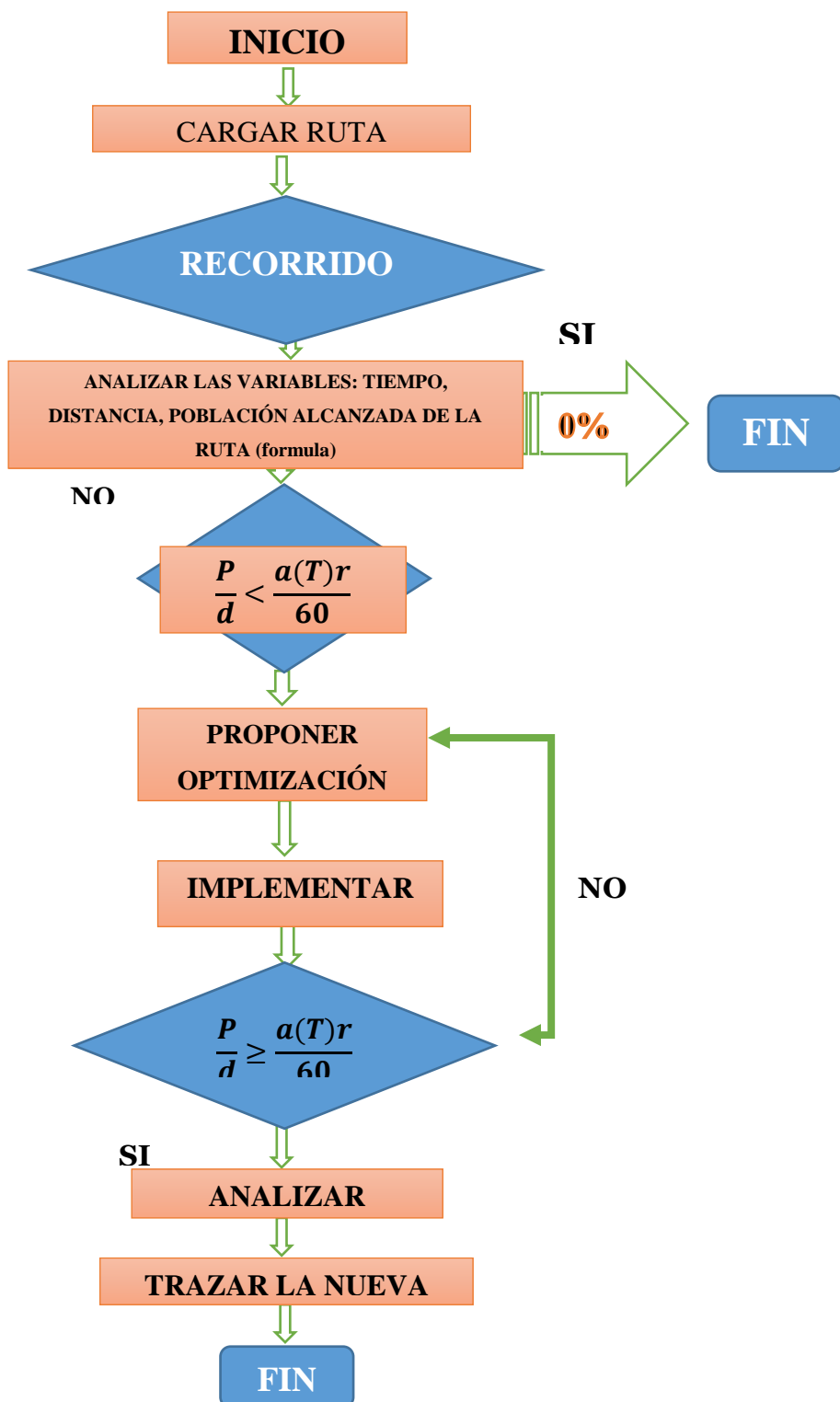


### **3.4.3. Determinación de los estándares de los elementos predictivos en función de los resultados deseados.**

Esta optimización se puede realizar únicamente en zonas urbanas, donde se puede optimizar mejor las distancias productivas y disminuir las distancias finales recorridas, en base a la densidad poblacional, tal como lo explica la ecuación 3 en párrafos anteriores, los rangos aceptables están por arriba del cero, y esto no se puede lograr en zonas rurales debido a que los recorridos son demasiado largos e improductivos por los bajos índices de personas concretadas en un solo lugar.

### **3.4.4. Evaluación y acciones correctivas.**

Al evaluar la optimización de las rutas de recorrido urbano se deben tener en cuenta los siguientes factores: tiempo, recorrido, población alcanzada, entre otros. En el siguiente flujograma se muestra como evaluar constantemente las rutas para una mejora continua:



**Gráfico # 10.** Flujograma de control

**Fuente:** Elaboración propia



En el flujo de control se detalla cómo implementar las optimizaciones en las rutas en caso de ser necesario, aplicando únicamente para zonas urbanas, porque en ellas se logra una mayor efectividad.



## CONCLUSIONES

Con respecto al número de rutas y recursos empleados en cada uno de los cuatro cantones que cubre la empresa EMMAIPC con el servicio de recolección de residuos sólidos, el cantón Cañar tiene un mayor número de rutas asignadas, 11 en total; seguido por Biblián con 8 rutas; mientras que, El Tambo tiene 4 rutas y Suscal 3 rutas. De manera casi proporcional se han asignado los recursos, siendo precisamente Cañar el que más recursos dispone por tener mayor número de habitantes y hogares por km<sup>2</sup>.

En consecuencia, de acuerdo al óptimo teórico planteado en la metodología tomada del Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos (SEDESOL, 2001), se encontró que la mayoría de las rutas necesitan ser reajustadas, pues en algunas existe un gran sobrante de tiempo; mientras que, en otras hace falta una asignación de horas para cubrir todos los puntos de recolección de desechos sólidos.

En el cantón Cañar con un total de 11 rutas asignadas, 6 de ellas poseen un rango de variación negativo, y los 5 restantes un rango de variación positiva. Ello implicaba que los tiempos no estaban siendo muy bien asignados y, por lo tanto, no se lograba cubrir de manera planificada todos los puntos de recolección de cada ruta, requiriendo entonces, una mejor proporción del trabajo de recolección.

En las 8 rutas del cantón de Biblián, 5 presentan variación negativa y 3 muestran una variación positiva, demostrando un problema grave, ya que, en más de la mitad de ellas hace falta tiempo para cubrir todos los puntos de recolección.

Por su parte, en el cantón Suscal, a pesar de que ninguna de las rutas asignadas muestra un faltante de tiempo para cubrir con la recolección, se presentó un derroche de tiempo y recursos con una variación por encima del 0%.





El Tambo, fue el cantón que más resultados favorables presentó dado que su porcentaje de variación no está muy por encima, ni muy por debajo del óptimo teórico, es decir, las variaciones están lo más cercana al 0%.

Para el análisis de los costos actuales del sistema de recolección de desechos y residuos en la EMMAIPC EP, se consideró el número de trabajadores, el número de horas por recorrido, y las distancias de los mismos. Los resultados de los costos promedios fueron los siguientes: Biblián: \$243.07, Cañar: \$315.89, Suscal: \$194.39 y El Tambo: \$162.50. En ellos, se ha podido observar que los costos devengados en cada ruta se ajustan a la distancia recorrida por cada camión recolector. Las rutas que mayor desembolso presentaron en combustible y en costos de mano de obra, fueron las del cantón Cañar. Como era de suponerse, en este cantón hay un mayor costo, por ser el cantón con mayor densidad poblacional, por tanto, los costos son correspondientes al trabajo requerido.

Recortando la distancia productiva se mejoró notablemente la eficiencia de los recorridos. En algunos casos no se alcanzó el rango esperado (próximo a 0%) pues la densidad poblacional es muy baja y necesariamente el índice de variación se torna negativo. A partir de lo señalado, se observó que es posible optimizar la ruta, mejorando la distancia del recorrido productivo y combinando la trayectoria del recorrido con zonas periféricas que conservan alguna densidad poblacional.

En la optimización de rutas para el cantón Biblián, se logró mejorar 4 rutas en asignación de tiempos, específicamente en la ruta 1, en la que su porcentaje de variación disminuyó de -235% a -126%. La ruta 2 pasó de -455% a -332%, la ruta 3 de -61% a -47%, y la ruta 7 que pasó de -38% a -7%. En cuanto al cantón Cañar, en 5 de sus rutas se logró una mejora en asignación de tiempo, tal es el caso de la ruta 2 que disminuyó de -329% a -262%, la ruta 7 que pasó de -65% a -19%, la ruta 9 de -44% a -17%, la ruta 10 de -338% a -260%, y la ruta 11 de -78% a -41%; mientras que, únicamente en la ruta 3, se consiguió disminuir el exceso de tiempo asignado originalmente en el recorrido.



En la aplicación de rutas óptimas para el cantón Suscal, en todos los casos se obtuvo una mejora en asignación de tiempos. Tal es así que, en la ruta 1 se logró reducir el porcentaje de variación de un -56% a 16%, claro que, en este caso, de faltar muchas horas para cubrir esta ruta, con la optimización pasó a generar un ligero sobrante. Sin embargo, el sobrante de tiempo es muy pequeño con relación al faltante de tiempo que se necesitaba sin hacer el reajuste. Así mismo, en la ruta 2 con la optimización se logró una mejora en asignación de tiempos para cubrir la mayoría de los puntos de recolección de basura; y, aunque no se llegó a una asignación completa, sí se llegó a ampliar el margen de casas beneficiadas con el servicio de recolección, dado que este pasó de -1090% a -811%. La ruta 3, también se benefició con una mayor asignación de tiempos para cubrir más puntos de recolección de basuras, ya que paso de -442% a -247%.

Finalmente, en el cantón El Tambo, en la ruta 2 y ruta 4 se logró una mejora en asignación de tiempos, ya que sus porcentajes de variación disminuyeron en un 35% y 55% respectivamente, logrando estar más cerca de óptimo teórico. Las rutas se evaluarán de manera constante para saber si se está optimizando el tiempo y recursos de la empresa, pero siempre enfocado con el objetivo de cubrir en una mayor proporción todos los puntos de recolección de desechos de basura.

En definitiva, en el intento de mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos a los moradores de los cuatro cantones urbanos de la provincia de Cañar, mediante la optimización de tiempos y costos en las rutas que recorren los camiones recolectores, no se pudo lograr un valor óptimo en todas ellas, debido a que, al mejorar unas, se perjudica a otras. Sin embargo, se logró tener una mejor situación esperada en comparación a la que se tenía antes de la optimización.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda tener un mayor control del recorrido de las rutas que cada camión realiza, asignando personal que monitoree las calles beneficiadas. Para ello, será necesario que se establezca dentro del presupuesto una partida para un profesional que monitoree las rutas con el objetivo de cubrir con los servicios a más familias de estos cuatro cantones. Así mismo, será necesario buscar un financiamiento económico para la adquisición de dispositivos GPS portátiles que indiquen el recorrido de los camiones en tiempo real para que pueda optimizarse el recorrido conforme al crecimiento de la densidad poblacional.

La evaluación de los resultados permitió conocer que las rutas presentan diversos índices de variación que requieren de un cuidado especial. Por lo tanto, la empresa tiene que monitorear el trabajo para cuidar los vehículos y la maquinaria, así como los recursos humanos requeridos para desempeñar este trabajo.

Luego de analizar los recorridos, se determinó que en el cantón Cañar se requiere poner mayor atención en la planificación de rutas alternas o agregar nuevas rutas, lo que supone una mayor erogación económica pues se trata de un cantón con mayor demanda del servicio; sin embargo, hay que considerar que en promedio el cantón con mayores problemas es Suscal, situación que obedece a la baja densidad poblacional y a la población que está muy dispersa en estos sectores. En el caso de Cañar, se debe procurar rangos de variación óptimos; mientras que, en Suscal se debe reducir el nivel negativo sabiendo que es poco posible alcanzar un rango de variación óptimo en este espacio por tratarse de una zona rural.

Se recomienda hacer un monitoreo en la planificación estratégica de la empresa EMMAIPC EP, debido a que cada año el número de habitantes crece y si no se cuenta con una planificación a largo plazo en el aumento de rutas existentes, es muy posible la generación de problemas de salubridad atrayendo posibles enfermedades a la población.



Debido a vacíos e inconsistencias en la información provista por parte de la administración de EMMAIPC EP, se recomienda que se construyan indicadores de gestión en el que se pueda medir la eficiencia y eficacia de las operaciones que se realizan dentro de la empresa. De esta manera, podrían estar preparados para cuando se les realice cualquier auditoría gubernamental por parte de la Contraloría General del Estado.

Se recomienda que los procesos de gestión administrativa se apeguen a las normativas que exige una ISO, de esta manera, aunque no esté legalmente certificada por estas instituciones de Calidad, la gestión administrativa va a poder corregir muchos errores de ineficiencia.

El recorrido que realizan los camiones de recolección de desechos sólidos tiene muy pocas asignaciones en las parroquias rurales de los cuatro cantones estudiados, por tal motivo, se recomienda emprender estudios que permitan la cobertura a otras comunidades rurales.



## BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P., & Zepeda, F. (2002). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe*. Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Araiza, J. A., & Zambrano, M. E. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2). Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/467/46750925005/>
- Bernache, G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y ambiente*, 72-101.
- Betanzo, E., Torres, M., Romero, J., & Obregón, S. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 323-337.
- Calva-Alejo, C. L., & Rojas-Caldelas, R. I. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable. *Inf. tecnol.*, 25(3), 59-71.
- Correal, M., & Laguna, A. (2018). *Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores*. BID.
- Cusco, J., & Picón, E. (2015). *Optimización de rutas de recolección de desechos sólidos domiciliarios mediante uso de herramientas SIG*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Díaz Mora, J. (2006). *Diseño de una planta de transferencia de comarca de Sobrarbe (Huesca)*. Obtenido de UPCOMMONS: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3163>



EMMAIPC-EP (2017). *Informe de Gestión realizada durante el año 2016 de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari*. Cañar.

INEC (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Recuperado el 10 de Febrero de 2018, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/ecuador-en-cifras/>

Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes*, 29-56.

Ministerio del Ambiente (2018). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR*. Obtenido de Sitio Web Ministerio del Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

OCDE (2008). *Prospectiva Medioambiental de la OCDE para el 2030*. Obtenido de Organización de Cooperación y Desarrollo Económico: <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40224072.pdf>

Pintado, M. (2011). *Elaboración de una guía para el manejo de los desechos sólidos de Río Verde, año 2011*. Esmeraldas : IAEN.

Quintero, L., & Cañizares, G. (04 de 10 de 2012). *Diseño de un plan de responsabilidad social en la ladrillera Ocaña*. Obtenido de Universidad Francisco de Paula Santander: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2024/1/31038.pdf>

Racero, J., & Pérez, E. (2007). Los sistemas de recolección de residuos sólidos. *Ciencia UAT*, 58-60.

Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago: Naciones Unidas.

Sáez, A., y Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latinay el Caribe. *Omnia*, 121-135.



- SEDESOL (2001). *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*. México: Secretaría de Desarrollo Social. Obtenido de <http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>
- UNICEF (2005). *Participación ciudadana y gestión integral de recursos*. Buenos Aires: UNICEF
- Vallés, J., Zárate, A., & Trueba, C. (2007). Tributación ambiental en un contexto federal. Una aplicación empírica para los residuos industriales en España. *Papeles de trabajo del Instituto de Estudios Fiscales. Serie economía*, 1-71.
- Vidal, Z. (2017). *Plan de gestión para la recolección de desechos sólidos en la ciudad de Huaquillas*. Machala: Universidad Técnica de Machala.



## ANEXOS

### **Anexo # 1. Instrumentos de recolección de información** **Cuestionario de la encuesta realizada a los choferes de la** **empresa EMMAIPC EP.**

#### **FICHA DE OBSERVACIÓN**

#### **OPERADORES DE CAMIONES DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS**

**Número de camión:** \_\_\_\_\_

**Modelo año:** \_\_\_\_\_

**Kilómetros recorridos:** \_\_\_\_\_

**Estado del camión:**

Nuevo \_\_\_\_\_ Depreciado \_\_\_\_\_ Condiciones aceptables \_\_\_\_\_ Deteriorado \_\_\_\_\_

**El camión es:**

Solo recolector \_\_\_\_\_ Recolector y compactador \_\_\_\_\_ Otro, especifique \_\_\_\_\_

**Capacidad del camión (en caso de ser compactador):**

\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

**El camión es:**

Propiedad del Municipio \_\_\_\_\_ contratado \_\_\_\_\_

**El camión cuenta con GPS:** Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**Tiempo que trabaja el conductor dentro del Municipio** \_\_\_\_\_

**1. Número de días que opera el camión para recolectar residuos (señale el número de días e indique con una X cuáles son):**

\_\_\_\_\_ días    Lunes    Martes    Miércoles    Jueves    Viernes    Sábado    Domingo

**2. Número de horas al día que el camión está en uso:**

\_\_\_\_\_ horas

**3. Número de turnos que cubre por día:**

\_\_\_\_\_ turnos





**4. Número de rutas que cubre durante la semana:**

\_\_\_\_\_ rutas

**5. Nombre o sector que cubre en cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_

Ruta 2 \_\_\_\_\_

Ruta 3 \_\_\_\_\_

**6. Longitud del recorrido que hace el camión en cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ Km

Ruta 2 \_\_\_\_\_ Km

Ruta 3 \_\_\_\_\_ Km

**7. Longitud del recorrido desde que sale del garaje hasta su regreso (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ Km

Ruta 2 \_\_\_\_\_ Km

Ruta 3 \_\_\_\_\_ Km

**8. Número de viajes que hace para cubrir toda la ruta (cada vez que se llena el camión) (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ viajes

Ruta 2 \_\_\_\_\_ viajes

Ruta 3 \_\_\_\_\_ viajes

**9. Número total de viajes que el camión realiza durante un día promedio:**

\_\_\_\_\_ viajes

**10. La recolección se realiza en:**

Vereda \_\_\_\_\_ Contenedor común \_\_\_\_\_ Otros, especifique \_\_\_\_\_



**11. Tiempo establecido/planificado para cubrir cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_

Ruta 2 \_\_\_\_\_

Ruta 3 \_\_\_\_\_

**12. Tiempo real que utiliza para cubrir cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_

Ruta 2 \_\_\_\_\_

Ruta 3 \_\_\_\_\_

**13. Porcentaje en que, según su criterio y experiencia, se cumplen los tiempos establecidos para cada ruta:**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ %

Ruta 2 \_\_\_\_\_ %

Ruta 3 \_\_\_\_\_ %

**14. Número de viviendas promedio que se cubre en cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ viviendas

Ruta 2 \_\_\_\_\_ viviendas

Ruta 3 \_\_\_\_\_ viviendas

**15. Número promedio de habitantes que se atiende en cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ habitantes

Ruta 2 \_\_\_\_\_ habitantes

Ruta 3 \_\_\_\_\_ habitantes



**16. Cantidad promedio de toneladas que se recolectan en cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ toneladas

Ruta 2 \_\_\_\_\_ toneladas

Ruta 3 \_\_\_\_\_ toneladas

**17. Velocidad de avance del camión durante la recolección en cada ruta (complete según el número correspondiente de rutas):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ Km/hora

Ruta 2 \_\_\_\_\_ Km/hora

Ruta 3 \_\_\_\_\_ Km/hora

**18. Cantidad de combustible que se consume en cada ruta (desde que sale del garaje hasta su llegada):**

Ruta 1 \_\_\_\_\_ galones

Ruta 2 \_\_\_\_\_ galones

Ruta 3 \_\_\_\_\_ galones

**19. Frecuencia con la que carga combustible (complete según acostumbre a cargar combustible):**

Diaria \_\_\_\_\_ veces      Semanal \_\_\_\_\_ veces

**20. Costo promedio semanal que gasta en combustible:**

\_\_\_\_\_ USD

**21. Número de veces al mes que el camión presenta problemas:**

\_\_\_\_\_ veces al mes

**22. Número de veces al mes que el camión recibe mantenimiento:**

\_\_\_\_\_ veces

**23. Costo promedio mensual que invierte en el mantenimiento del camión:**

\_\_\_\_\_ USD

**24. En este camión trabajan \_\_\_\_\_ (número) trabajadores recolectores.**



FICHA DE OBSERVACIÓN

**Administrador encargado del servicio de recolección de  
residuos**

**1. Número de camiones con qué cuenta el municipio:**

Propiedad del Municipio \_\_\_\_\_ Contratados \_\_\_\_\_ Total \_\_\_\_\_

**2. Estado de los camiones (señale el número en cada caso):**

Nuevo \_\_\_\_\_ Depreciado \_\_\_\_\_ Condiciones aceptables \_\_\_\_\_ Deteriorado \_\_\_\_\_

**3. Tipo de camiones (señale el número en cada caso):**

Solo recolector \_\_\_\_\_ Recolector y compactador \_\_\_\_\_ Otros, especifique \_\_\_\_\_

**4. Número de conductores operadores de camiones que laboran actualmente:**

\_\_\_\_\_

**5. Número de personal recolector por cada camión: \_\_\_\_\_**

**6. Nombre o sector que cubre en cada ruta:**

Ruta 1 \_\_\_\_\_

Ruta 2 \_\_\_\_\_

Ruta 3 \_\_\_\_\_

Ruta 4 \_\_\_\_\_

Ruta 5 \_\_\_\_\_

Ruta 6 \_\_\_\_\_

Ruta 7 \_\_\_\_\_

Ruta 8 \_\_\_\_\_

Ruta 9 \_\_\_\_\_

Ruta 10 \_\_\_\_\_

Ruta 11 \_\_\_\_\_

Ruta 12 \_\_\_\_\_

Ruta 13 \_\_\_\_\_



7. Complete los siguientes datos:

RUTAS	Longitud (km)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos	Densidad (hab/km)	Número de camiones asignados	Tipo de camión (volcador, recolector, compactador, otros)	Tiempo de recorrido planificado	Tiempo de recorrido real	Costo promedio mensual	Toneladas	Días de recolección	Cantidad de combustible requerido	Cantidad de personal empleado	Tipo (vereda, contenedor común, otros)
Ruta 1														
Ruta 2														
Ruta 3														
Ruta 4														
Ruta 5														
Ruta 6														
Ruta 7														
Ruta 8														
Ruta 9														
Ruta 10														
Ruta 11														
Ruta 12														
Ruta 13														



8. Porcentaje en que, según su criterio y experiencia, se cumplen los tiempos establecidos para los recorridos en general:

\_\_\_\_\_ %

9. Cantidad de basurales o rellenos sanitarios existentes: \_\_\_\_\_

10. Zona de emplazamiento: Rural \_\_\_\_\_ Urbano \_\_\_\_\_

11. Distancia entre el garaje de los camiones y la zona del basural o relleno sanitario:

\_\_\_\_\_

12. Los camiones cuentan con GPS (en caso de contar con este dispositivo, indique el número):

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

13. Proporción planificada de distancia productiva en relación a la distancia total por turno \_\_\_\_\_

14. Tiempo planificado disponible para la recolección (min) por turno

\_\_\_\_\_

15. Velocidad estimada de avance del vehículo durante la recolección en km/h. de cada turno \_\_\_\_\_

16. El Municipio provee servicio de mantenimiento a los camiones, con qué frecuencia:

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

17. Existe un plan de capacitación para los operadores de camiones y recolectores, con qué frecuencia:

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

18. ¿Cada cuánto tiempo se adquiere un nuevo camión? \_\_\_\_\_

19. Costo promedio que el Municipio realiza mensualmente en combustible para los camiones recolectores:

\_\_\_\_\_ USD

20. Costo promedio que el Municipio realiza mensualmente en mantenimiento y reparación de los camiones recolectores:

\_\_\_\_\_ USD



**Anexo # 2.** Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Biblián.

RUTAS	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando residuos (km)	Proporción Distancia Productiva (km) (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km2) (d)	Tiempo de recorrido planificado min (T)	Tiempo de recorrido real	Velocidad del avance del vehículo km/h (r)	p/d	(a*T*r) /60	P/d > (a*T*r) /60	1 - (P/d > (a*T*r) /60)	Rango de variación
Ruta 1	129	67	0.52	260	780	10.38	75.2	480	8	8.375	10.38	34.80	3.35	-2.35	-235%
Ruta 2	140	80	0.57	233.33	700	9.31	85.0	480	8 h	10	8.24	45.71	5.55	-4.55	-455%
Ruta 3	93	17.3	0.19	50	150	2.00	75.2	480	8 h	2.1625	2.00	3.22	1.61	-0.61	-61%
Ruta 4	209	54.8	0.26	735.33	2206	29.35	75.2	480	8 h	6.85	29.35	14.37	0.49	0.51	51%
Ruta 5	107.5	36.4	0.34	433.33	1300	17.30	75.2	480	8h	4.55	17.30	12.33	0.71	0.29	29%
Ruta 6	115	40	0.35	342.33	1027	13.67	75.2	480	8 h	5	13.67	13.91	1.02	-0.02	-2%
Ruta 7	110	34	0.31	191.3333	574	7.64	75.2	480	8 h	4.25	7.64	10.51	1.38	-0.38	-38%
Ruta 8	115	42	0.37	501.6667	1505	20.03	75.2	480	8 h	5.25	20.03	15.34	0.77	0.23	23%

**Fuente:** Elaboración propia con base en las Encuestas a Choferes de la Empresa EMMAIPC EP. (2018)



**Anexo # 3.** Datos optimizaos del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Biblián.

RUTAS	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando residuos (km)	Proporción Distancia Productiva (km) (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km2) (d)	Tiempo de recorrido planificado min (T)	Tiempo de recorrido real	Velocidad del avance del vehículo km/h (r)	p/d	(a*T*r) /60	P/d > (a*T*r) /60	1 - (P/d > (a*T*r) /60)	Rango de variación
Ruta 1	129	55	0,43	260,00	780,00	10,38	75,15	480	8 h	6,88	10,38	23,45	2,26	-1,26	-126%
Ruta 2	140	64	0,46	169,67	509,00	6,77	75,15	480	8 h	8,00	6,77	29,26	4,32	-3,32	-332%
Ruta 3	93	16,5	0,18	50,00	150,00	2,00	75,15	480	8 h	2,06	2,00	2,93	1,47	-0,47	-47%
Ruta 4	209	54,8	0,26	735,33	2206,00	29,35	75,15	480	8 h	6,85	29,35	14,37	0,49	0,51	51%
Ruta 5	107,5	67,5	0,63	433,33	1300,00	17,30	75,15	480	8h	8,44	17,30	42,38	2,45	-1,45	-145%
Ruta 6	115	39,7	0,35	342,33	1027,00	13,67	75,15	480	8 h	4,96	13,67	13,71	1,00	0,00	0%
Ruta 7	110	30	0,27	191,33	574,00	7,64	75,15	480	8 h	3,75	7,64	8,18	1,07	-0,07	-7%
Ruta 8	115	42	0,37	501,67	1505,00	20,03	75,15	480	8 h	5,25	20,03	15,34	0,77	0,23	23%

**Fuente:** Elaboración propia con base en las Encuestas a Choferes de la Empresa EMMAIPC EP. (2018)





**Anexo # 4.** Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Cañar.

RUTAS	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando residuos (km)	Proporción Distancia Productiva km/h (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km) (d)	Tiempo de recorrido planificado min (T)	Tiempo de recorrido real	Velocidad del avance del vehículo km/h (r)	p/d	(a*T*r)/60	P/d > (a*T*r)/60	1 - (P/d > (a*T*r)/60)	Rango de variación
Ruta 1	24	17	0.71	948	2845	86.52	33	240	4	6	86.52	17.00	0.20	0.80	80%
Ruta 2	56	56	1.00	115	345	10.49	33	480	8	7	10.49	56.00	5.34	-4.34	-434%
Ruta 3	73	52.5	0.72	767	2300	69.94	33	480	8	9.125	69.94	52.50	0.75	0.25	25%
Ruta 4	72	23.4	0.33	278	835	25.39	33	480	8	9	25.39	23.40	0.92	0.08	8%
Ruta5	52	16.36	0.31	234	703	21.38	33	240	4	13	21.38	16.36	0.77	0.23	23%
Ruta 6	29	19.7	0.68	224	672	20.44	33	480	8	3.625	20.44	19.70	0.96	0.04	4%
Ruta 7	54	28.4	0.53	189	567	17.24	33	480	8	6.75	17.24	28.40	1.65	-0.65	-65%
Ruta 8	83	83	1.00	268	805	24.48	33	480	8	10.375	24.48	83.00	3.39	-2.39	-239%
Ruta 9	110	42	0.38	319	957	29.10	33	480	8	13.75	29.10	42.00	1.44	-0.44	-44%
Ruta 10	75	45.6	0.61	114	342	10.40	33	480	8	9.375	10.40	45.60	4.38	-3.38	-338%
Ruta 11	70	36.42	0.52	225	674	20.50	33	240	4	17.5	20.50	36.42	1.78	-0.78	-78%

**Fuente:** Elaboración propia con base en las Encuestas a Choferes de la Empresa EMMAIPC EP. (2018)



**Anexo # 5.** Datos optimizados del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Cañar.

RUTAS	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando residuos (km)	Proporción Distancia Productiva km/h (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km) (d)	Tiempo de recorrido planificado min (T)	Tiempo de recorrido real	Velocidad del avance del vehículo km/h (r)	p/d	(a*T*r)/60	P/d > (a*T*r)/60	1 - (P/d > (a*T*r)/60)	Rango de variación
Ruta 1	24	17	0,71	948,33	2845,00	86,52	32,88	240	4	6	86,52	17,00	0,20	0,80	80%
Ruta 2	56	36,8	0,66	115,00	345,00	10,49	32,88	480	8	7	10,49	36,80	3,51	-2,51	-251%
Ruta 3	73	64	0,88	766,67	2300,00	69,94	32,88	480	8	9,125	69,94	64,00	0,92	0,08	8%
Ruta 4	72	22	0,31	278,33	835,00	25,39	32,88	480	8	9	25,39	22,00	0,87	0,13	13%
Ruta 5	52	15,6	0,30	234,33	703,00	21,38	32,88	240	4	13	21,38	15,60	0,73	0,27	27%
Ruta 6	29	16,3	0,56	224,00	672,00	20,44	32,88	480	8	3,625	20,44	16,30	0,80	0,20	20%
Ruta 7	54	20,6	0,38	189,00	567,00	17,24	32,88	480	8	6,750	17,24	20,60	1,19	-0,19	-19%
Ruta 8	83	56	0,67	268,33	805,00	24,48	32,88	480	8	10,375	24,48	56,00	2,29	-1,29	-129%
Ruta 9	110	34	0,31	319,00	957,00	29,10	32,88	480	8	13,750	29,10	34,00	1,17	-0,17	-17%
Ruta 10	75	37,4	0,50	114,00	342,00	10,40	32,88	480	8	9,375	10,40	37,40	3,60	-2,60	-260%
Ruta 11	70	29	0,41	224,67	674,00	20,50	32,88	240	4	17,50	20,50	29,00	1,41	-0,41	-41%



**Anexo # 6.** Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Suscal.

RUTA S	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando o residuos (km)	Proporción Distancia Productiva km/h (a)	Vivientes atendidos	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km2) (d)	Tiempo de recorrido planificado o min (T)	Tiempo de recorrido real(h)	Costo promedio mensual	Toneladas	p/d	$(a \cdot T \cdot r) / 60$	$P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60$	$1 - (P/d > (a \cdot T \cdot r) / 60)$	Rango de variación
<b>Ruta 1</b>	61	20	0.33	227	680	4.20	162	540	9.5	381.4	1,72	4.20	6.56	1.56	-0.56	-56%
<b>Ruta 2</b>	64	40	0.63	113	340	2.10	162	480	8	381.4	2.22	2.10	25.00	11.90	-10.90	-1090%
<b>Ruta 3</b>	79	30	0.38	113	340	2.10	162	480	9.5	381.4	4,84	2.10	11.39	5.42	-4.42	-442%

**Fuente:** Elaboración propia con base en las Encuestas a Choferes de la Empresa EMMAIPC EP. (2018)

### Anexo # 7. Datos optimizados del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón Suscal.

RUTA S	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando o residuos (km)	Proporción Distancia Productiva km/h (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km2) (d)	Tiempo de recorrido planificado o min (T)	Tiempo de recorrido real(h)	Costo promedio mensual	Toneladas	p/d	(a*T*r)/60	P/d > (a*T*r)/60	1 - (P/d > (a*T*r)/60)	Rango de variación
Ruta 1	61	14,7	0,24	227	680	4,20	162	540	9,5	381,40	1,72	4,20	3,54	0,84	0,16	16%
Ruta 2	64	35	0,55	113	340	2,10	162	480	8,0	381,40	2,22	2,10	19,14	9,11	-8,11	-811%
Ruta 3	79	24	0,30	113	340	2,10	162	480	9,5	381,40	4,84	2,10	7,29	3,47	-2,47	-247%



**Anexo # 8.** Datos de diagnóstico para el cálculo del rango de variación de las rutas del cantón El Tambo.

RUTAS	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando residuos (km)	Proporción Distancia Productiva km/h (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km2) (d)	Tiempo de recorrido planificado (r)	Tiempo de recorrido real(h)	Velocidad del avance del vehículo km/h (r)	p/d	(a*T*r)/60	P/d > (a*T*r)/60	1 - (P/d > (a*T*r)/60)	Rango de variación
Ruta 1	65	45	0.69	396	1187	65.14	18	480	8	337.5	65.1441	31.15385	0.47823	0.5218	52%
Ruta 2	85	65	0.76	215	646	35.45	18	480	8	487.5	35.4533	49.70588	1.40201	-0.402	-40%
Ruta 3	101	81	0.80	413	1240	68.05	18	300	5	972	68.0528	64.9604	0.95456	0.0454	5%
Ruta 4	55	53.5	0.97	198	594	32.60	18	480	8	401.25	32.5995	52.04091	1.59637	-0.5964	-60%

**Fuente:** Elaboración propia con base en las Encuestas a Choferes de la Empresa EMMAIPC EP. (2018)



**Anexo # 9.** Datos optimizados del cálculo del rango de variación de las rutas del cantón El Tambo.

RUTAS	Longitud Total recorrida por el camión (km)	Distancia que recorre el vehículo cargando residuos (km)	Proporción Distancia Productiva km/h (a)	Viviendas atendidas	Habitantes atendidos (P)	Superficie Km2	Densidad (ha/km2) (d)	Tiempo de recorrido planificado (r)	Tiempo de recorrido real(h)	Velocidad del avance del vehículo km/h (r)	p/d	(a*T*r)/60	P/d > (a*T*r)/60	1 - (P/d > (a*T*r)/60)	Rango de variación
Ruta 1	65	35	0,53	396	1187	65,1	18	480	8	258,8	65,1	18,3	0,2811	0,7189	72%
Ruta 2	85	54	0,63	215	646	35,5	18	480	8	401,3	35,5	33,7	0,9498	0,0502	5%
Ruta 3	101	35	0,35	413	1240	68,1	18	300	5	418,8	68,1	12,1	0,1772	0,8228	82%
Ruta 4	55	41	0,75	198	594	32,6	18	480	8	307,5	32,6	30,6	0,9376	0,0624	6%

**Anexo # 10.** Rutas asistidas por los carros recolectores de desechos sólidos.

<b>Cañar</b>	<b>Biblián</b>	<b>Suscal</b>	<b>El Tambo</b>
Ruta 1	Ruta 1	Ruta 1: Orgánicos e Inorgánico	Ruta 1
Ruta 2	Ruta 2	Ruta 2: Orgánicos Comunidades	Ruta 2
Ruta 3	Ruta 3	Ruta 3: Comunidades Inorgánico	Ruta 3
Ruta 4	Ruta 4		Ruta 4
Ruta5	Ruta 5		
Ruta 6	Ruta 6		
Ruta 7	Ruta 7		
Ruta 8	Ruta 8		
Ruta 9			
Ruta 10			
Ruta 11			

**Fuente:** Elaboración propia con base en las Encuestas a Choferes de la Empresa EMMAIPC EP. (2018)



**Anexo # 11. Protocolo**



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“Evaluación y optimización de rutas de recolección de  
residuos y desechos en la Empresa Municipal  
Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari,  
EMAIPC EP”**

**Autoras:**

Ruth Argudo

Alexandra Ordoñez

**Director:**

Eco. Silvana Astudillo

**Cuenca – Ecuador**

**2018**





## **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

Evaluación y optimización de rutas de recolección de residuos y desechos en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari, EMMAIPC EP.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El acelerado crecimiento poblacional a nivel mundial, el creciente proceso de industrialización y producción de material desechable, y la facilidad de adquisición y consumo de productos, en los últimos años ha ocasionado un aumento en la generación de desechos y residuos sólidos; casos de los que no están exentos los pobladores en la provincia del Cañar, donde la recolección de los residuos se da una manera poco tecnificada y con reducida planificación estratégica; aunque este problema lleva varios años presente, en la actualidad se ha convertido en un aspecto crítico debido a que la recolección y transporte de las mismas representan actividades costosas sobre todo en el servicio del sector rural por tanto urge desarrollar una evaluación estratégica de recorridos en función de la optimización del tiempo para abarcar una mayor cobertura del servicio.

De ahí que, se ha visto la necesidad de realizar un proyecto de investigación de este tipo, que permita brindar nuevas alternativas de rutas de recolección que sean óptimas operativamente y económicamente para la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari, EMMAIPC EP de la provincia del Cañar que actualmente cuenta con 26 rutas que no han sido revisadas desde su creación, y mucho menos optimizadas. Por ello, el objetivo de este estudio es analizar el sistema de recolección domiciliaria en el municipio de Cañar, con base en datos de recorridos reales obtenidos con dispositivos de geoposicionamiento global, instrumentando los camiones recolectores de basura y monitoreando las 26 rutas en operación para evaluar los principales parámetros operativos y determinar el nivel de eficiencia de las rutas actuales; con ello, sustentar cambios en áreas de costo críticas para fines de planeación, operación y control de un sistema de optimización combinatoria con alternativas de recorridos más óptimos para su correcta gestión desde el punto de vista económico.



De esta manera, un proyecto de investigación de este tipo es importante porque tiene impacto en distintas áreas que son de interés actual y que son elementos fundamentales para el desarrollo de la localidad: impacto en el ambiente, impacto en la administración de recursos económicos, impacto tecnológico.

En tal sentido, la justificación de este proyecto en lo ambiental se relaciona a la importancia de contar con un adecuado sistema de recolección para el manejo integral de las operaciones que permitirá que se reduzca el consumo de combustible que los camiones utilizan al conducir más lento y en distancias más largas mientras recorren los domicilios, lo que se traduce en mayores niveles de emisiones de gases contaminante, contaminación auditiva y congestión del tránsito.

En el aspecto económico el proyecto encuentra justificación en su propuesta de optimizar el presupuesto municipal asignado, teniendo en cuenta que la gestión de los residuos y desechos es un servicio público que requiere de un monto importante debido a la necesidad de adquirir vehículos especializados, combustibles, pago de mantenimiento vehicular, salarios, etc., cuyo gasto está en función de la densidad poblacional, la cantidad de residuos producidos y el diseño de rutas.

El proyecto tiene una justificación científica y tecnológica puesto que aplica teorías y conceptos que son cada vez más novedosos, dado que encontrar mecanismos que reduzcan y optimicen el manejo de residuos es un tema de interés actual, especialmente si se considera que la producción de los mismos está en aumento; además, tecnológicamente el proyecto aporta con el uso y aprovechamiento de recursos informáticos y dispositivos electrónicos de georreferenciación para ponerlos al servicio de las comunidades en la creación de rutas más eficientes que permitan que el servicio de recolección llegue a más zonas, especialmente las rurales.

Un ejemplo de la importancia que tiene un proyecto de este tipo para la administración de las ciudades, se puede evidenciar en el estudio de Picón y Cusco (2015) quienes crearon nuevas rutas de recolección en la ciudad de Cuenca, con lo cual se proyectó la posibilidad de brindar el servicio a todos los predios de la ciudad: “cuando se usan adecuadamente los camiones recolectores y las rutas, su eficiencia de recolección es muy alta” (p. 64). Así, su estudio demostró que al optimizar las rutas se mejora la eficiencia del sistema de recolección, se reduce el impacto



ambiental con menos emisiones de CO<sup>2</sup> y otros gases contaminantes, se aumenta la distancia productiva de recolección evitando la pérdida de tiempo innecesario, y se logra un ahorro económico en concepto de consumo de combustible y se reduce.

La justificación de la investigación también se fundamenta en los resultados que generarán impacto en el objeto de estudio, minimizando la distancia total recorrida durante la recolección de residuos sólidos y desechos, lo que permitirá optimizar los costos operacionales (gasolina, mantenimiento, horas extras), mejorar las relaciones de carga de los camiones, el tiempo y la distancia recorrida referente a la distancia total, elevar el número de hogares atendidos, con lo cual se mejora la salud y el bienestar de la población.

## **DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO**

El estudio tendrá lugar en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí (EMMAIPC-EP), constituida legalmente el 29 de diciembre del 2011 y el 3 de enero de 2012, ofrece el servicio de limpieza, recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos mediante un tratamiento técnico que garantice mejorar la calidad de vida de más de 290 mil pobladores aproximadamente del territorio conformado por: Cañar, Biblián, El Tambo, y Suscal. La empresa está conformada con una flota vehicular de carga aproximada 92 toneladas de residuos sólidos. Cuenta con un personal de 83 Agentes de limpieza y/o barrido y recolección, 8 Choferes y/o operadores, 16 empleados en el área administrativa y 3 empleados en el área técnica divididos por zonas.

En este contexto, el objeto de estudio es el análisis del ruteo de los camiones de recolección de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí mediante dispositivos de geoposicionamiento global para evaluar los principales parámetros operativos y determinar el nivel de eficiencia de las rutas actuales, información que se utilizará para diseñar alternativas de recorridos, analizando cuál es la más óptima en tiempo, recursos y cobertura del servicio, creando así, una ruta que resuelva la carencia que actualmente tiene esta empresa municipal. Para ello, es estudio incursionará en áreas del conocimiento de



Administración de empresas, Contabilidad de costos, Administración financiera, Tecnologías de la Información y Comunicaciones e Informática.

Todo esto, basado en estudios que han sido realizados por otros autores, como Betanzo et al (2016), que sirven como ejemplo para plantear que sí existen medios que permiten mejorar la eficiencia de los servicios de recolección de desechos a través del análisis y rediseño de las rutas, para lo que es de gran ayuda la implementación de instrumentos tecnológicos como los sistemas de reposicionamiento global (GPS) y programas cartográficos, que se utilizarán en el presente estudio, y que sirven para optimizar las rutas de manera que la recolección y transferencia de desechos sea mejorado evitando el tiempo muerto en cada una de las rutas y llegando a más sectores, reducir el tiempo de recolección, ajustar la carga laboral a cada cuadrilla de trabajadores y reducir el consumo de combustible; lo que, en términos de administración, implica una gestión eficiente del servicio público evitando gastos innecesarios que pueden ser destinados a otros rubros.

Todo ello, se propone demostrar con este proyecto de investigación, tomando como estudio de caso el sistema de recolección de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí diseñando para ellos una ruta más óptima junto al respectivo análisis de beneficios en ahorro de tiempo y reducción de costos.

Cabe mencionar que para llevarlo a cabo se cuenta con la apertura y la cogida del proyecto por parte de la empresa (EMMAIPC-EP), la cual brindará información necesaria para el análisis de rutas actuales que utilizan en la recolección de desechos sólidos, costos incurridos, número de hogares beneficiados, etc. Por otro lado, se tiene suficientes conocimientos, insumos teóricos y prácticos para la evaluación y diseño de rutas más óptimas que permitan cumplir con los objetivos planteados en este proyecto por parte de las autoras; así como, el apoyo por parte del Grupo de Investigación Empresarial de la Carrera de Administración de Empresas, mediante la prestación de su contingente técnico para orientar el presente trabajo.



## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el servicio de recolección de desechos en la provincia de Cañar está a cargo de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañarí, EMMAIPC EP que cuenta con 13 rutas que están divididas por días, jornadas y también por tipos de desechos. La zonificación estratégica de los servicios de recolección y barrido, abarca a todos los sectores urbanos cantonales y parroquiales; y a la mayoría de los sectores rurales comunitarios, existiendo aproximadamente 15 parroquias rurales a las que no se puede ofrecer el servicio por limitaciones logísticas como las vías en mal estado, capacidad de los camiones, planeación de rutas inadecuada y escaso presupuesto (EMMAIPC-EP, 2017).

La empresa está conformada con una flota vehicular contratado y subcontratado de 17 vehículos divididos de la siguiente manera: 8 recolectores, 8 camiones y 1 camioneta los cuales tienen una capacidad conjunta de carga aproximada 92 toneladas de residuos sólidos. Los funcionarios de la empresa municipal manifiestan que las rutas de recorrido no han sido planificadas conforme un diseño de rutas para optimizar el tiempo sino en función del acceso disponible.

La empresa ofrece el servicio a más de 290 mil pobladores del territorio conformado por los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo, y Suscal, con una producción de desechos que supera las 22 toneladas diarias de basura (EMMAIPC-EP, 2017), y la población sigue en crecimiento así como la construcción de domicilios, en consecuencia, seguirá aumentando la generación de desechos y residuos sólidos, complicando el sistema de recolección, ya no solo en la zona urbana sino también en las zonas rurales donde cada vez hay más casas y familias que requieren del servicio; lo que complica que el servicio de recolección llegue a todos.

A esto se suma, el hecho de que en esta empresa municipal la recolección de los residuos se da una manera poco tecnificada y con reducida planificación estratégica; según sus funcionarios, este es un problema que arrastra desde varios años atrás, al punto que hoy en día la situación es crítica y ha llevado a que el costo de operación y logística sea mucho más elevado de lo que debería ser si estuviese en óptimas condiciones.



Otros problemas que aparecen como consecuencia de esta situación, son: los altos costos de transporte, mano de obra y combustible que se requiere para hacer posible el servicio de recolección de basura, las rutas actuales no han tenido un proceso de optimización desde la creación de la empresa, las rutas y el sistema en sí no incluyen recomendaciones básicas de la teoría de recolección y no se han actualizado a técnicas nuevas en esta materia, los operadores podrían no estar correctamente capacitados o preparados para optimizar su trabajo, no se ha diseñado un mecanismo de control para el cumplimiento de las rutas, la falta de optimización obliga a sobrecargar los camiones reduciendo la vida útil e implican un gasto mayor en reparación, se presentan casos de camiones que no han recibido mantenimiento adecuado por lo que entorpecen la operación, representan mayores gastos y mayor contaminación del ambiente, se desperdicia el tiempo de trabajo al pasar varias veces por la misma zona o por zonas que no son necesarias; todo ello ocasiona que el servicio prestado no sea el mejor y afecta al bienestar de la población cañari, especialmente de las zonas rurales donde los pobladores se ven en la necesidad de continuar con métodos antiguos y perjudiciales para el ambiente como es la quema de basura.

La suma de estos problemas se ha convertido en conflicto que hace evidente la necesidad de llegar a cabo una evaluación estratégica de recorridos y optimizar el tiempo, costo y cobertura de este servicio con la implementación de nuevas rutas.

## **DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Optimizar las rutas de recolección de desechos y residuos de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP) para una mejor gestión de los recursos.

### **Objetivos específicos:**

- Evaluar el sistema de recolección y rutas actuales a partir de datos reales mediante monitoreo con dispositivos GPS y mapas.



- Analizar los costos actuales del sistema de recolección de desechos y residuos en la EMMAIPC EP.
- Determinar y mapear rutas óptimas para la recolección de desechos y residuos domiciliarios en la EMMAIPC EP mediante equipo de software de información geográfica (SIG) y GPS.
- Determinar la variación de los recorridos actuales con los optimizados en términos de operación y costos asociados.

## **PLANTEAMIENTO DE MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA**

### **La producción de desechos en la actualidad: un problema de salud pública**

El desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que basan el crecimiento desmedido del consumo, han provocado la generación de cantidades exuberantes de residuos sólidos, especialmente de materiales plásticos, de origen sintético, metales, derivados de la celulosa, vidrio, y otros tantos de gran potencial contaminante, como pilas, aceites minerales, lámparas fluorescentes, medicinas caducadas, etc., que no solo tardan muchos años en descomponerse, sino que también, afectan al medioambiente y proliferan enfermedades.

De esta manera, los hábitos culturales de consumo han determinado en gran medida la cantidad y la calidad de los residuos sólidos, aumentando así los riesgos a la salud pública y al medio ambiente. De acuerdo con Vallejo (2016), la producción de desechos representa un problema, especialmente por debido a la “falta de conciencia colectiva y/o conductas sanitarias por parte de la población para disponer sus residuos, al dejarlos abandonados en calles, áreas verdes, márgenes de los ríos, playas, alterando así, el sistema ambiental y natural” (p. 42).

En Estados Unidos en el año 1990 se produjeron 168 millones de toneladas de residuos urbanos, lo cual equivale a 670 kg/habitantes/año y en 2010 creció hasta 806 kg/habitantes/año. En España la generación de residuos de todo tipo, alcanza unos 275 millones de toneladas anuales, lo cual significa un promedio por habitantes diarios ascendente a 20



kg/habitantes/día correspondiendo a los residuos urbanos un estimado de 1 Kg/Ha/día, lo que representa un 5% del total de residuos generados. Los residuos urbanos no dejan de tener gran importancia, ya que se han duplicado en los últimos diez años (Cruz, 2011, p. 2).

Ha surgido así, según Vallejo (2016), una nueva problemática medio ambiental derivada de su vertido incontrolado que es causa de graves afecciones ambientales:

- Malos olores.
- Focos infecciosos.
- Proliferación de plagas de roedores e insectos.
- Contaminación de acuíferos, suelos y aguas superficiales por lixiviados.
- Ocupación incontrolada del territorio generando la destrucción del paisaje y de los espacios naturales.
- Gases de efecto invernadero fruto de la combustión incontrolada y del mismo proceso de degradación de los materiales allí vertidos.
- Problemas en la salud que acarrea una mala disposición de los residuos sólidos domiciliario (p. 43).

El proceso de almacenamiento, recolección y evacuación de los residuos sólidos afecta a la salud pública a causa de la proliferación de roedores, moscas y otros agentes transmisores de enfermedades que se reproducen en los vertederos incontrolados. Al respecto, Cruz (2011) señala que el Servicio de Salud Pública de Estados Unidos ha publicado los resultados de un estudio relacionado con “veintidós enfermedades humanas asociadas a la incorrecta gestión de los desechos sólidos; además, los fenómenos ecológicos tales como la contaminación del aire, las aguas y el suelo, también son provocados por la incorrecta gestión de los residuos sólidos” (p. 2).

Esto, a su vez, acarrea costos sociales y ambientales, pero también económicos, como: “a devaluación de propiedades, pérdida de turismo, y otros costos asociados como lo son la salud de los trabajadores y de sus dependientes, y la salud de la población” (Vallejo, 2016, p. 43).





De ahí que, el tratamiento adecuado de los desechos sólidos y la reducción del nivel de producción de basura, es un tema de interés actual para los gobiernos, especialmente en una época en que la consciencia por el cuidado del medioambiente ha tomado gran valor entre los ciudadanos.

### **Desechos o residuos**

De acuerdo con Recero y Pérez (2006), para que algo sea definido con este nombre, “tiene que existir la decisión de un individuo o grupo de personas de que ese objeto no tiene utilidad o valor, y por lo tanto quiera desprenderse del mismo” (p. 1). En este mismo sentido, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (2008), denomina los residuos sólidos como: “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en que son producidos” (p. 2).

Un residuo es “todo resto o material resultante de un proceso de producción, transformación o utilización que sea abandonado o que su poseedor o productor tenga la obligación o decida desprenderse de él” (UNICEF, 2002, p. 10). Mientras que, los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) “los generados por distintas actividades en los núcleos urbanos, incluyendo tanto los de carácter doméstico como los provenientes de cualquier otra actividad” (UNICEF, 2002, p. 10). Estos pueden tener los siguientes orígenes:

- Domiciliarios:** procedentes de las viviendas, limpieza de calles y veredas, zonas verdes y establecimientos industriales y comerciales, cuando son asimilables a los residuos domiciliarios: restos de comida, materiales plásticos, papeles, cartón, textiles, madera, goma, residuos de jardín, vidrio, aluminio, férreos, latas, y suciedad proveniente del barrido e higiene general.
- Voluminosos:** por su forma, tamaño, volumen o peso son difíciles de ser recogidos en la recolección convencional: muebles, colchones, electrodomésticos.
- Comerciales:** Surgen de los circuitos de distribución de bienes de consumo: papel, cartón, plásticos, latas, metales, restos de comida.



**-Residuos sanitarios:** Derivados de actividades sanitarias procedentes de hospitales, clínicas, laboratorios de análisis y establecimientos similares: material de cura, yesos, cultivos, jeringas, restos de tejidos humanos.

**-Construcción y demoliciones:** Derivados de la construcción, reparación o ampliación de viviendas, vías de comunicación, empresas, etc.: maderas, hormigón, acero, ladrillos, gas, escombros en general.

**-Institucionales:** Producidos en escuelas, hospitales, cárceles y dependencias gubernamentales: papel, cartón, plásticos, vidrios, latas, restos de comida.

**-Servicios municipales:** Son consecuencia del funcionamiento y mantenimiento de los centros municipales: producto del barrido de calles, residuos de poda de arbolado urbano, animales muertos y automóviles abandonados.

**-Industriales:** Son derivados de actividades industriales y deben depositarse en recipientes adecuados: metales, plásticos, fibras, maderas, vidrios, cartones.

**-Universales:** Representan un riesgo a la salud y el ambiente, y son generados en los hogares: pilas, baterías, tubos fluorescentes, cartuchos de impresora, tintes.

**-Agrícolas:** Relacionadas con actividades agrícolas, forestales o ganaderas y realizadas dentro del perímetro urbano: fertilizantes, bidones con restos de agroquímicos (UNICEF, 2002, p. 11).

### **Plantas de manejo de residuos sólidos y rellenos sanitarios**

Las plantas de manejo de residuos son:

Unidades productivas encargadas de aprovechar y dar valor de los residuos sólidos, con el objetivo de obtener productos que puedan ser reutilizados. En estas plantas se procesan flujos de residuos de tipo: orgánicos (de rápida degradación), reciclables (tienen potencial de comercialización) y no aprovechables o rechazos (por sus características físicas, químicas o biológicas no pueden ser aprovechados) (Vidal, 2017, p. 18).



El relleno sanitario es “el lugar de disposición final de los residuos sólidos en el suelo, con el fin de no causar molestias a la ciudad, evitando riesgos de salud y perjuicios al medio ambiente” (Vidal, 2017, p. 19).

### **Sistemas de recolección de desechos y residuos: fases de la recolección**

La recogida de los residuos sólidos, consiste en su recolección para efectuar su traslado a las plantas de tratamiento; es, en términos generales “el transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora, hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final o a la estación de transferencia” (Picón y Cusco, 2015, p. 23). Dadas estas características, el sistema de recolección de desechos es multifacético: el ciudadano ubica en contenedores los desechos sólidos (dentro o fuera de la casa), posteriormente el vehículo recolector mediante un personal recolector lleva los desechos al contenedor, los residuos son tratados y separados según su tipo (orgánico, reciclable y rechazos) en la planta de tratamiento, los desechos orgánicos, en algunos casos, son llevados a plantas de compost, y el resto al relleno sanitario.

Un sistema de recolección básico, de acuerdo con el instructivo de Gestión Integral de Residuos de UNICEF (2002), consta de las siguientes fases: a) fase de pre-recolección; b) fase de recolección-transporte; c) Fase de separación, tratamiento y disposición final; y d) Fase de reciclaje.

5. Fase de pre-recolección: Comprende desde su generación hasta la presentación al personal de recolección, e incluye el almacenamiento y tratamiento de los residuos al interior de una vivienda o local comercial/industrial.
6. Fase de recolección-transporte: Incluye a las operaciones de carga-transporte-descarga de los residuos desde su presentación hasta su descarga en un punto final (tratamiento, estación de transferencia o vertedero).
7. Fase de separación, tratamiento y disposición final: En una planta de separación se encuentran el conjunto de estructuras, equipos y herramientas que se utilizan para realizar la separación, clasificación, procesamiento y



acondicionamiento de aquellos residuos que posteriormente se pueden transformar y comercializar. La separación también la realizan los recolectores informales en la calle y los basurales.

8. Fase de reciclaje: Los residuos que son producto de la separación en plantas o de la segregación realizada por los recolectores informales, se destinan a reciclado. Es un proceso que tiene por objeto la transformación de los componentes que contienen los residuos urbanos. Sus beneficios son la conservación o ahorro de energía, conservación o ahorro de recursos naturales, disminución del volumen de residuos que hay que eliminar; y protección del medio ambiente (UNICEF, 2002, pp. 15-18).

### **Recolección y transporte de residuos sólidos**

La recolección de residuos sólidos se define como: “el conjunto de actividades que incluye la recogida y transporte de los residuos sólidos desde los sitios destinados para su depósito o almacenamiento por parte de los generadores hasta el lugar donde serán descargados” (Sáez y Urdaneta, 2014, p. 132), este lugar puede ser una planta de procesamiento de materiales, de tratamiento, una estación de transferencia o un relleno sanitario.

Para esta fase se utilizan camiones acondicionados y sobre todo en las grandes ciudades, se suelen utilizar camiones compactadores, que buscan dar rapidez y buen aspecto al servicio. La frecuencia de recolección varía de acuerdo a la disponibilidad de recursos, las costumbres, la distribución de las casas, el poder adquisitivo, el desarrollo comercial, etc.

La recolección de residuos puede ser domiciliaria, o realizarse a través de contenedores comunitarios colocados en lugares estratégicos (zonas de complejos habitacionales horizontales). En ocasiones las exigencias económicas y ambientales que obligan a transportar los residuos a distancias importantes, no hacen aconsejable que los vehículos que hacen la recolección sean utilizados para llevar los residuos a su destino final. La solución habitual consiste en separar la recolección del transporte, transfiriendo en algún punto cercano a su punto de origen el contenido recolectado a grandes camiones, adecuados para el transporte a distancia de grandes



volúmenes de residuos. A estos lugares se los denomina plantas de transferencia (UNICEF, 2002).

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2005) en Latinoamérica y El Caribe entre 60 y 70% del costo total del servicio se utiliza para la recolección y disposición final de residuos sólidos, el servicio de recolección puerta-puerta resulta mucho más costoso que sistemas semi-mecanizados o mecanizados, pero el nivel de tecnología aplicada a la actividad de recolección depende de la situación económica de cada país. De ahí que, “por su importancia económica debe ser planificada y administrada cuidadosamente, en los siguientes aspectos: diseño de rutas de recolección, frecuencia de la recolección, horarios de recolección, equipos y personal” (UNICEF, 2002, p. 18).

### **Importancia de la recolección de residuos y desechos en la administración pública de las ciudades**

La producción de basura es una consecuencia directa de la vida misma. En tiempos antiguos la evacuación de los residuos humanos no representaba mayor problema, puesto que la población era reducida y la cantidad de tierra disponible era más que suficiente para desechos los mismos; además, no era tan impactante, o existían envases plásticos, como en la actualidad. Es así que, en la medida que la población mundial ha aumentado, también lo ha hecho la problemática de la producción de residuos y su tratamiento, que por hoy es un problema urbano de gran importancia y los riesgos ambientales asociados continúan representando un desafío para los gobiernos.

Los residuos urbanos son los más cercanos al ciudadano, ya que son generados en los hogares; de ahí que, la etapa de la recolección de los residuos sólidos urbanos está muy ligada a la salud pública y es tarea de las administraciones gubernamentales encabezar plantas de atención a esta problemática; sin embargo:

Para los países de América Latina y el Caribe la conservación del medio ambiente pasa a un segundo plano ante el número de necesidades básicas que deben cubrir, por esa razón en la mayoría de estos países los entes gubernamentales participan en la gestión de residuos sólidos realizando lo



mínimo requerido para el sistema y destinando muy pocos recursos financieros para el sector. Esto trae como consecuencia que los procesos de recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos sean realizados con tecnologías inadecuadas (Sáez y Urdaneta, 2014, p. 132).

Además, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (2012) “la ausencia de esta actividad y su vinculación con la proliferación de enfermedades infecciosas en el siglo XIX, fue el factor detonante para atribuir a los gobiernos locales la responsabilidad de ofrecer dicho servicio” (p. 38).

Frente a esta situación, Sáez y Urdaneta (2014) señalan que para lograr en América Latina y el Caribe mejoras en el manejo de residuos sólidos, “se requiere de voluntad por parte de los gobiernos, fuertes inversiones para la realización de estudios y el desarrollo de proyectos de ingeniería, y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos” (p. 133); además, es importante mencionar que también se requiere de voluntad y educación por parte de los pobladores en torno a una cultura del reciclaje y de reducción en la producción de residuos.

En este sentido, podría entenderse por optimización de rutas todas aquellas acciones que contribuyan a la mejora de la función de distribución, bien sea en términos de nivel de servicio, mejora de la calidad, reducción de costes y de impacto ambiental, etc.

### **La gestión de residuos sólidos urbanos en Ecuador:**

La población del Ecuador según el Censo de Población y Vivienda del año 2010 era de 14.483.499 millones de habitantes, registrándose que un 77% de los hogares elimina la basura a través de carros recolectores y el restante 23% la elimina de diversas formas, así por ejemplo la arroja a terrenos baldíos o quebradas, la quema, la entierra, la deposita en ríos acequias o canales, etc (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2017).

Según datos provistos por el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, el MIDUVI y otras instituciones, se determinó que:



- El servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2% en las áreas urbanas y de 54.1% en el área rural, la fracción no recolectada contribuye directamente a la creación de micro basurales descontrolados.
- Apenas un 24% de los Gobiernos Autónomos Descentralizados ha iniciado procesos de separación en la fuente, 26% procesos de recuperación de materia orgánica y 32% de recolección diferenciada de desechos hospitalarios. El 73,4% de los vehículos de recolección del país son compactadores y se tiende a no utilizar equipos abiertos. El 70% de los equipos supera la vida útil de 10 años.
- Solo el 28% de los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios inicialmente controlados que con el tiempo y por falta de estabilidad administrativa y financiera, por lo general, terminan convirtiéndose en botaderos a cielo abierto. El 72% de los residuos restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto (quebradas, ríos, terrenos baldíos, etc.), que provocan inconvenientes e impactos de diferente índole como taponamiento de cauces de agua y alcantarillados, generación de deslaves, proliferación de insectos y roedores; que traen consigo problemas ambientales y de salud a la población.
- Actualmente la generación de residuos en el país es de 4,06 millones de toneladas métricas al año y una generación per cápita de 0,74 kg. Se estima que para el año 2017 el país generará 5,4 millones de toneladas métricas anuales, por lo que se requiere de un manejo integral planificado de los residuos (Ministerio del Ambiente, 2016).

Desde el año 2002 hasta el 2010 la situación a nivel nacional respecto del tratamiento de residuos era preocupante:

De un total de 221 municipios 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto, perjudicando y contaminando los recursos suelo, agua y aire; con la consiguiente afectación a la salud de la población y en especial de los grupos de minadores que trabajaban en condiciones inadecuadas. Los restantes 61 municipios, presentaban un manejo de sus desechos con insuficientes criterios



técnicos, en sitios de disposición final parcialmente controlados (Ministerio del Ambiente, 2018, sp.).

Bajo este contexto, el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, en el año 2010, crea el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), con el objetivo primordial de “impulsar la gestión de residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas” (Ministerio del Ambiente, 2018, sp.). Las metas iniciales definidas por el Programa contemplaban “que un 70% de la población del Ecuador disponga sus desechos en un relleno sanitario técnicamente manejado hasta el año 2014” (Ministerio del Ambiente, 2018, sp.).

Actualmente el programa ha iniciado una nueva etapa que ha supuesto la ampliación del plazo de ejecución hasta el 2017, año para el cual el objetivo es eliminar los botaderos a cielo abierto de todos los municipios del país. Hasta el momento el programa ha beneficiado a “15 GADs con la entrega de geomembrana y ha financiado el estudio de Gestión Integral de Residuos Sólidos de 47 GADs de los cuales 24 han finalizado y los restantes 23 están en proceso” (Ministerio del Ambiente, 2018, sp.).

### **El papel de la administración en la gestión de servicios públicos**

De acuerdo con Bernache (2015), los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos son:

El creciente monto de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se desechan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de los mismos; los requerimientos económicos (presupuestales) para el pago de personal y parque vehicular para la recolección; la disposición final de residuos en sitios, ya que no siempre se cuenta con infraestructura completa para el control de la contaminación; la falta de estrategias para la gestión sustentable de residuos; y la escasa participación social en los procesos de gestión, particularmente en lo que se refiere a minimizar la producción y separar los residuos (p. 73).





De ahí, la gestión del servicio público precisa, no solo de manejo, entendido como “el conjunto de actividades relacionadas con la vida del residuo, *desde la cuna hasta la tumba*, y las etapas que conlleva” (Jiménez, 2015, p. 31); sino que requiere además de una *gestión integral* que incluye “todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de residuos sólidos” (Jiménez, 2015, p. 32). Entonces, hablamos de gestión integral de los residuos, en la cual, se puede decir, se incluye el manejo.

Es decir, la gestión integral es algo más que lo llevado a cabo por los sistemas de limpieza de las ciudades ya que incorpora otros elementos: acciones normativas, operativas, financieras y de planificación que una administración municipal puede desarrollar, basándose en criterios sanitarios, ambientales y económicos para recolectar, tratar y depositar los residuos sólidos de su ciudad. Por ello, “la gestión de los residuos sólidos constituye un reto para los ayuntamientos porque requiere de profesionales capacitados, grandes montos de recursos presupuestales y un plan de gestión sustentable” (Bernache, 2015, p. 74).

## FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS O/Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

**Hipótesis:** La Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP) no ha realizado un diagnóstico de monitoreo o control de sus rutas de recolección actuales que permita gestionar mejor el servicio y reducir los costos de operación.

**Pregunta de investigación:** ¿La optimización de rutas de recolección de desechos y residuos puede mejorar el servicio y reducir los costos de operación que presenta el actual diseño y funcionamiento de las rutas de recolección de residuos establecidas por la EMMAIPC EP?

## DISEÑO METODOLÓGICO

### Tipo de investigación



Según su objetivo el estudio corresponde a la **investigación básica** puesto que se centra en determinar la situación actual del sistema de recolección de basura y plantear estrategias que permitan llegar a un objetivo en concreto, que en este caso es diseñar rutas de recolección de desechos óptimas en tiempo y en costo, para que pueda ser de utilidad para los pobladores que se benefician del servicio de recolección prestado por la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC EP).

La investigación es también **cuantitativa**, puesto que se fundamente en el análisis de la realidad estudiada, que es el sistema de recolección de desechos de la EMMAIPC EP, mediante datos que serán recolectados por procedimientos de medición para tener una visión real que permita explicar los resultados y poder plantear propuestas oportunas.

## Métodos

El método de investigación es **exploratorio** porque se trata fundamentalmente de la realización de trabajo de campo en el cual las investigadoras pueden interactuar con el fenómeno que se estudia y obtener una visión real y específica de lo que se quiere conocer: cómo se manejan las rutas de recolección actuales y cómo se las puede mejorar.

Se utiliza como método la **observación participativa** por parte de las investigadoras pues a lo largo de la investigación podrán realizar un trabajo de campo que las aproxime a la realidad y la puedan observar desde adentro, como, por ejemplo, realizar las rutas con los camiones para tomar datos y conocer cómo se da el servicio para poder recolectar y registrar información para su posterior análisis.

En cuanto a los métodos de diseño de rutas, se empleará el Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos, siendo esta metodología utilizada por Betanzo, Torres, Romero y Obregó, 2016:

El método de diseño de rutas emplea los parámetros contenidos en la ecuación 1:

$$L = \frac{P}{d} = \frac{T(r)}{60} = \frac{a(T)r}{60}$$



Donde:

L = Longitud del recorrido del camión en un turno (km).

P = Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno (ha).

d = Densidad de población (ha/km).

r = Velocidad de avance del vehículo durante la recolección, considerada como una constante en los países latinoamericanos (entre 1.5 y 1.9 km/h).

a = Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total, obtenida mediante los traslados externos y los recorridos de recolección.

T = Tiempo disponible para la recolección (min).

La ecuación 1 se fundamenta en el equilibrio entre los recorridos productivos e improductivos (internos y externos a las rutas), de tal suerte que la condición ideal resulta en la igualdad representada por la ecuación 2:

$$\frac{P}{d} = \frac{a(T)r}{60}$$

Por ello, el diseño más apropiado de las rutas consiste principalmente en aumentar los valores del parámetro “a”, es decir, aumentar las distancias productivas tanto como sea posible, mientras se reducen las distancias improductivas, tomando como restricción el tiempo total de la jornada de trabajo:

$$\frac{P}{d} > \frac{a(T)r}{60}$$

Según estos métodos, en la ecuación 4 la jornada no es suficiente para completar el ciclo y deberá hacerse un ajuste de tal manera que los recorridos tiendan a la igualdad, como en la ecuación 1:

$$\frac{P}{d} < \frac{a(T)r}{60}$$



## **Instrumentos**

**GPS:** Aplicación de navegación gratuita para teléfonos móviles MapFactor Navigator FREE, de tipo PDA (Asistencia Personal Digital) de fácil manipulación para acceder a los mapas y trazar rutas actuales de los camiones.

**Google Maps y Google Earth:** Apoyo para la identificación de rutas y mapeo de las mismas.

**ArcGIS:** Software de enrutamiento para la creación de mapas temáticos de rutas mediante el programa ArcGis 10.1 permitiendo obtener rutas detalladas para el cálculo de macro y micro rutas optimizadas.

## **Población de estudio:**

El estudio será realizado en la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC-EP) encargada del servicio de limpieza, recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos para los cantones Cañar, Biblián, El Tambo, y Suscal de la provincia de Cañar, con ello, la población de estudio y beneficiarios son los más de 290 mil habitantes de estos sectores, y su personal que está formado por 83 agentes de limpieza y/o barrido y recolección, 9 choferes y/o operadores que se beneficiarán al mejorar el servicio, que a su vez, efectivizará su trabajo.

## **Procedimiento**

El trabajo a desarrollar comprende tres fases principales:

- Identificaron las rutas de recolección actuales y análisis de costos.
- Implementación de técnicas SIG para realizar un análisis de red simulando el recorrido que hacen los camiones recolectores y crear nuevas rutas optimizadas buscando la ruta más corta entre dos puntos.
- Comparación entre las rutas actuales y las nuevas rutas optimizadas, así como comparación de costos.



## **ESQUEMA TENTATIVO**

### **RESUMEN**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

- 1.8. La producción de basura: impacto y riesgos
- 1.9. Sistemas de recolección de residuos y desechos: funcionamiento y fases
- 1.10. La gestión municipal de residuos sólidos urbanos y el papel de la población
- 1.11. Importancia de los sistemas de recolección de desechos y residuos
- 1.12. El papel de la administración en la gestión de un sistema de recolección de residuos y desechos
- 1.13. La Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari, EMAIPC EP
- 1.14. Ordenanza para la gestión integral de residuos y desechos sólidos en los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

#### **CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN EMAIPC EP**

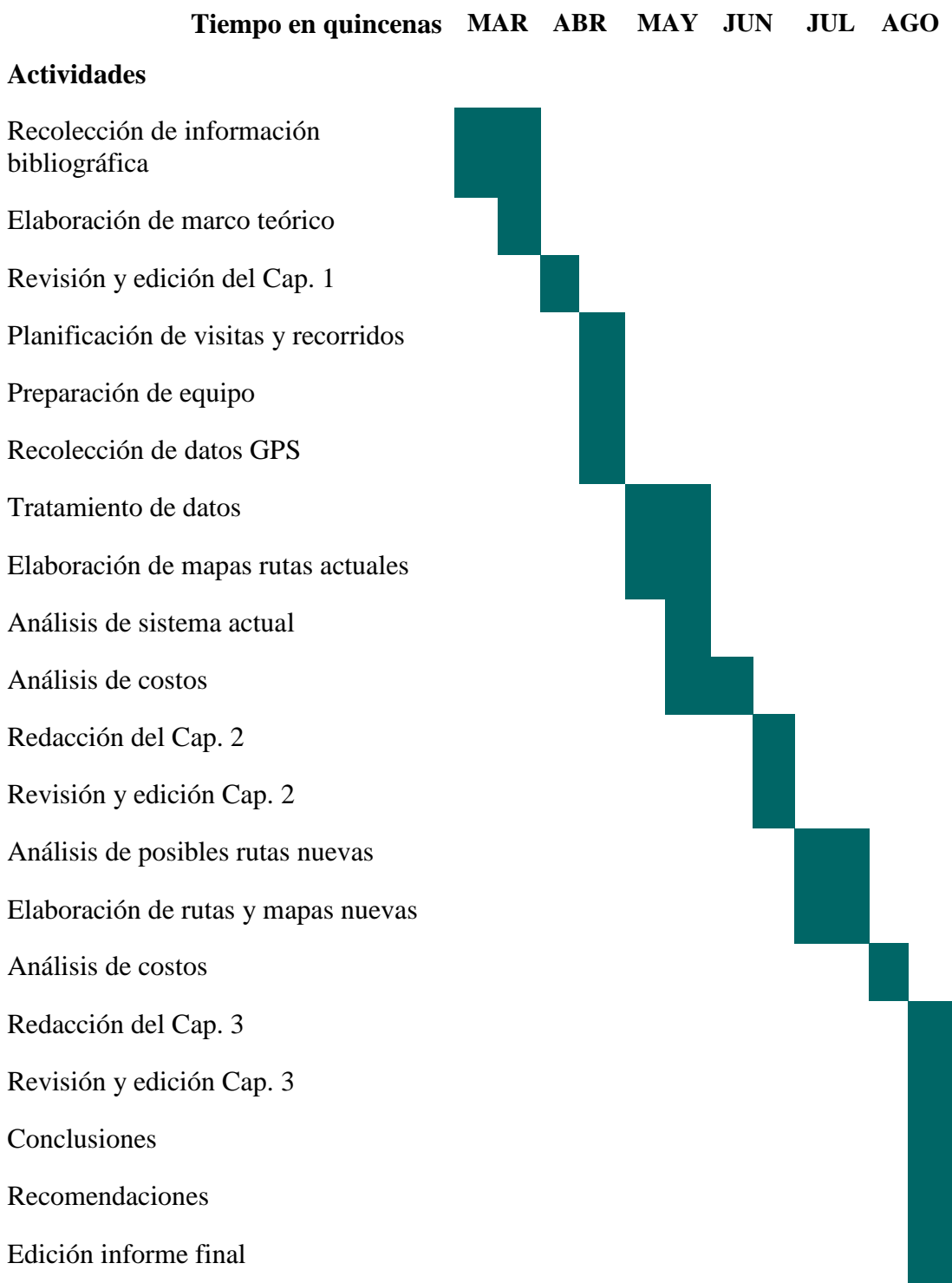
- 2.8. Determinación de rutas actuales de recolección
- 2.9. Georeferenciación y medición
- 2.10. Mapa de rutas actuales
- 2.11. Diagnóstico de rutas
- 2.12. Análisis de costos

#### **CAPÍTULO III: OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN LA EMPRESA MUNICIPAL MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL DEL PUEBLO CAÑARI, EMAIPC EP”**

- 3.1. Metodología para optimizar rutas
- 3.2. Determinación de rutas optimizadas para recolección de residuos y desechos
- 3.3. Mapa de rutas optimizadas

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS**



## BIBLIOGRAFÍA

- Bernache, G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, 1(7), 72-98. Recuperado el 9 de Febrero de <http://www.redalyc.org/pdf/4557/455744912004.pdf>
- Betanzo, E., Torres, M., Romero, J., y Obregó, S. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 323-337.
- Corona, J. (2013). *Política pública en el manejo de desechos sólidos municipales: el caso de Santiago de Querétaro*. Querétaro: UNAQ.
- Cruz, D. (19 de Mayo de 2011). *Importancia y necesidad del manejo de los residuos sólidos urbanos*. Recuperado el 10 de Febrero de 2018, de <https://www.gestiopolis.com/residuos-solidos-urbanos-importancia-y-necesidad-de-su-manejo/>
- EMMAIPC-EP . (20 de Noviembre de 2017). *EMMAIPC-EP* . Recuperado el 9 de Febrero de <http://www.emmaipc-ep.gob.ec/index.php/info/comonace>
- EMMAIPC-EP. (2017). *Informe de Gestión realizada durante el año 2016 de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari*. Cañar.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2017). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Recuperado el 10 de Febrero de 2018, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/ecuador-en-cifras/>
- Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*(17), 29-56. doi:10.17141/letrasverdes.17.2015.1419
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR*. Recuperado el 9 de Febrero de 2018, de <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR*. Recuperado el 9 de Febrero de 2018, de <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>



- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico. (2008). *Prospectiva Medioambiental de la OCDE para el 2030*. París: OCDE. Recuperado el 9 de Febrero de <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40224072.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe, Rumbo a una nueva transición Urbana*. Río de Janeiro: Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 9 de Febrero de <http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=3380> y <http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=3380>
- Organización Panamericana de la Salud . (2005). *Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud.
- Picón, K., y Cusco, J. (2015). *Optimización de rutas de recolección de desechos sólidos domiciliares mediante uso de herramientas SIG*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Racero, J., y Pérez, E. (8 de Septiembre de 2006). *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos domiciliarios (Ecoeficiencia)*. Recuperado el 31 de enero de 2018, de [http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/aprov\\_distr\\_transporte//000226\\_final.pdf](http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/aprov_distr_transporte//000226_final.pdf)
- Sáez, A., y Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135. Recuperado el 11 de Febrero de <http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/>
- UNICEF. (2002). *Participación ciudadana y Gestión Integral de Residuos*. Buenos Aires: UNICEF.
- Vallejo, U. (2016). *Análisis del impacto social y ambiental de la gestión integral de residuos sólidos en el Municipio de Aguadas, Caldas*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Vidal, Z. (2017). *Plan de gestión para la recolección de desechos sólidos en la ciudad de Huaquillas*. Machala: Universidad Técnica de Machala.